H. LEVOIR

32469 B

de Boisle
Pirated ed. vol 2 only

Durer & Hickstein 156 & 158

5th ed

TRAITÉ
ÉLÉMENTAIRE
DE CHIMIE.
SECONDE ÉDITION.

TOME SECOND.

H. LEMOIR

TRAITÉ
ÉLÉMENTAIRE
DE CHIMIE,

PRÉSENTÉ DANS UN ORDRE NOUVEAU
ET D'APRÈS LES DÉCOUVERTES MODERNES;

Avec Figures :

Par M. LAVOISIER, *de l'Académie des Sciences, de la Société de Médecine, des Sociétés d'Agriculture de Paris et d'Orléans, de la Société de Londres, de l'Institut de Bologne, de la Société Helvétique de Basle, de celles de Philadelphie, Harlem, Manchester, Padoue, etc.*

SECONDE ÉDITION.

TOME SECOND.

A PARIS,
Chez CUCHET, Libraire, rue et hôtel Serpente.

M. DCC. XCIII.

WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

TABLE
DES CHAPITRES
DU TOME SECOND.

TROISIÈME PARTIE.

Description des Appareils et des Opérations manuelles de la Chimie.

Introduction. pag. 1

Chap. I. *Des instrumens propres à déterminer le poids absolu et la pésanteur spécifique des corps solides et liquides.* 5

Chap. II. *De la Gazométrie, ou de la mesure du poids et du volume des substances aériformes.* 28

§. *Description des Appareils pneumato-chimiques.* ibid.

§. II. *Du Gazomètre.* 24

§. III. *De quelques autres manières de mesurer le volume des Gaz.* 38

§. IV. *De la manière de séparer les unes des autres les différentes espèces de Gaz.* 43

§. V. *Des corrections à faire au volume des Gaz obtenus dans les expériences, relativement à la pression de l'atmosphère.* 48

§. VI. *Des corrections relatives aux différens degrés du Thermomètre.* 56

§. VII. *Modèle de calcul pour les corrections relatives au degré de pression et de température.* 58

§. VIII. *De la manière de déterminer le poids absolu des différens Gaz.* 62

CHAP. III. *Des appareils relatifs à la mesure du Calorique.* 65

Description du Calorimètre.

CHAP. IV. *Des opérations purement mécaniques qui ont pour objet de diviser les corps.* 81

§. I. *De la Trituration, de la Porphyrisation, et de la Pulvérisation.* ibid.

§. II. *Du Tamisage et du Lavage.* 87

§. III. *De la Filtration.* 90

§. IV. *De la Décantation.* 97

CHAP. V. *Des moyens que la Chimie emploie*

pour écarter les unes des autres les molécules des corps sans les décomposer, et réciproquement pour les réunir. 100

§. I. *De la solution des Sels.* 101
§. II. *De la Lixiviation.* 106
§. III. *De l'Evaporation.* 109
§. IV. *De la Cristallisation.* 114
§. V. *De la Distillation simple.* 120
§. VI. *De la Sublimation.* 126

CHAP. VI. *Des Distillations pneumato-chimique ; des Dissolutions métalliques et de quelques autres opérations qui exigent des Appareils très-compliqués.* 127

§. I. *Des Distillations composées, et des Distillations pneumato-chimiques.* ibid.
§. II. *Des Dissolutions métalliques.* 136
§. III. *Des Appareils relatifs aux fermentations vineuse et putride.* 139
§. IV. *Appareil particulier pour la décomposition de l'eau.* 143
§. V. *De la préparation et de l'emploi des Luts.* 146

CHAP. VII. *Des Opérations relatives à la combustion proprement dite et à la détonation.* 156

§. I. *De la combustion du Phosphore et du Charbon.* 160

§. II. *De la Combustion des Huiles.* 171

§. III. *De la Combustion de l'Esprit-de-vin ou Alkool.* 179

§. IV. *De la Combustion de l'Ether.* 181

§. V. *De la Combustion du Gaz hydrogène, et de la Formation de l'Eau.* 184

§. VI. *De l'Oxidation des Métaux.* 191

§. VII. *De la Détonation.* 202

CHAP. VIII. *Des Instrumens nécessaires pour opérer sur les corps à de très-hautes températures.* 212

§. I. *De la Fusion.* ibid.

§. II. *Des Fourneaux.* 215

§. III. *Des moyens d'augmenter considérablement l'action du feu, en substituant le Gaz oxygène à l'air de l'atmosphère.* 230

Tables à l'usage des Chimistes. 237

Fin de la Table.

TRAITÉ

TRAITÉ
ÉLÉMENTAIRE
DE CHIMIE.

TROISIÈME PARTIE.

Description des appareils et des opérations manuelles de la Chimie.

INTRODUCTION.

CE n'est pas sans dessein que je ne me suis pas étendu davantage dans les deux premières parties de cet Ouvrage, sur les opérations manuelles de la Chimie. J'ai reconnu, d'après ma propre expérience, que des descriptions minutieuses, des détails de procédés et des explications de planches, figuroient mal dans un

ouvrage de raisonnement ; qu'elles interrompoient la marche des idées, et qu'elles rendoient la lecture de l'ouvrage fastidieuse et difficile.

D'un autre côté, si je m'en fusse tenu aux simples descriptions sommaires que j'ai données jusqu'ici, les commençans n'auroient pu prendre dans cet ouvrage que des idées très-vagues de la Chimie-pratique. Des opérations qu'il leur auroit été impossible de répéter, ne leur auroient inspiré ni confiance, ni intérêt : ils n'auroient pas même eu la ressource de chercher dans d'autres ouvrages de quoi suppléer à ce qui auroit manqué à celui-ci. Indépendamment de ce qu'il n'en existe aucun où les expériences modernes se trouvent décrites avec assez d'étendue, il leur auroit été impossible de recourir à des traités où les idées n'auroient point été présentées dans le même ordre, où l'on n'auroit pas parlé le même langage ; en sorte que le but d'utilité que je me suis proposé n'auroit pas été rempli.

J'ai pris, d'après ces réflexions, la résolution de réserver pour une troisième partie la description sommaire de tous les appareils et de toutes les opérations manuelles qui ont rapport à la Chimie élémentaire. J'ai préféré de placer ce traité particulier à la fin plutôt qu'au commen-

cement de cet ouvrage, parce qu'il m'auroit été impossible de n'y pas supposer des connoissances que les commençans ne peuvent avoir, et qu'ils ne peuvent acquérir que par la lecture de l'ouvrage même. Toute cette troisième partie doit être en quelque façon considérée comme l'explication des figures qu'on a coutume de rejetter à la fin des mémoires, pour ne point en couper le texte par des descriptions trop étendues.

Quelque soin que j'aye pris pour mettre de la clarté et de la méthode dans cette partie de mon travail, et pour n'omettre la description d'aucun appareil essentiel, je suis loin de prétendre que ceux qui veulent prendre des connoissances exactes en Chimie, puissent se dispenser de suivre des cours, de fréquenter les laboratoires et de se familiariser avec les instrumens qu'on y emploie. *Nihil est in intellectu quod non priùs fuerit in sensu :* grande et importante vérité que ne doivent jamais oublier ceux qui apprennent comme ceux qui enseignent, et que le célèbre Rouelle avoit fait tracer en gros caractères dans le lieu le plus apparent de son laboratoire.

Les opérations chimiques se divisent naturellement en plusieurs classes, suivant l'objet qu'elles se proposent de remplir : les unes peuvent être regardées comme purement méca-

niques ; telle est la détermination du poids des corps, la mesure de leur volume, la trituration, la porphyrisation, le tamisage, le lavage, la filtration : les autres sont des opérations véritablement chimiques, parce qu'elles emploient des forces et des agens chimiques, telles que la dissolution, la fusion, etc. Enfin les unes ont pour objet de séparer les principes des corps, les autres de les réunir ; souvent même elles ont ce double but, et il n'est pas rare que dans une même opération, comme dans la combustion, par exemple, il y ait à la fois décomposition et recomposition.

Sans adopter particulièrement aucune de ces divisions, auxquelles il seroit difficile de s'astreindre, du moins d'une manière rigoureuse, je vais présenter le détail des opérations chimiques, dans l'ordre qui m'a paru le plus propre à en faciliter l'intelligence. J'insisterai particulièrement sur les appareils relatifs à la Chimie moderne, parce qu'ils sont encore peu connus, même de ceux qui font une étude particulière de cette science, je pourrois presque dire, d'une partie de ceux qui la professent.

CHAPITRE PREMIER.

Des instrumens propres à déterminer le poids absolu et la pesanteur spécifique des corps solides et liquides.

On ne connoît jusqu'à présent aucun meilleur moyen pour déterminer les quantités de matières qu'on employe dans les opérations chimiques, et celles qu'on obtient par le résultat des expériences, que de les mettre en équilibre avec d'autres corps qu'on est convenu de prendre pour terme de comparaison. Lors, par exemple, que nous voulons allier ensemble douze livres de plomb et six livres d'étain, nous nous procurons un levier de fer assez fort pour qu'il ne fléchisse pas; nous le suspendons dans son milieu et de manière que ses deux bras soient parfaitement égaux; nous attachons à l'une de ses extrémités un poids de douze livres, nous attachons à l'autre du plomb, et nous en ajoutons jusqu'à ce qu'il y ait équilibre, c'est-à-dire jusqu'à ce que le levier demeure parfaitement horisontal. Après avoir ainsi opéré sur le plomb, on opère sur l'étain; et on en use de la même manière pour toutes les autres matières dont on veut déterminer la

quantité. Cette opération se nomme *peser*; l'instrument dont on se sert se nomme *balance :* il est principalement composé, comme tout le monde le sait, d'un fléau, de deux bassins et d'une aiguille.

Quant au choix des poids et à la quantité de matière qui doit composer une unité, une livre, par exemple, c'est une chose absolument arbitraire ; aussi voyons-nous que la livre diffère d'un royaume à un autre, d'une province et souvent même d'une ville à un autre. Les sociétés n'ont même d'autre moyen de conserver l'unité qu'elles se sont choisie, et d'empêcher qu'elle ne varie et ne s'altère par la révolution des tems, qu'en formant ce qu'on nomme des étalons, qui sont déposés et soigneusement conservés dans les greffes des jurisdictions.

Il n'est point indifférent sans doute dans le commerce et pour les usages de la société, de se servir d'une livre ou d'une autre, puisque la quantité absolue de matière n'est pas la même, et que les différences même sont très-considérables. Mais il n'en est pas de même pour les Physiciens et pour les Chimistes. Peu importe dans la plupart des expériences, qu'ils ayent employé une quantité A ou une quantité B de matière, pourvu qu'ils expriment clairement les produits qu'ils ont obtenus de l'une ou de

l'autre de ces quantités, en fractions d'un usage commode, et qui réunies toutes ensemble fassent un produit égal au tout. Ces considérations m'ont fait penser qu'en attendant que les hommes, réunis en société, se soient déterminés à n'adopter qu'un seul poids et qu'une seule mesure, les Chimistes, de toutes les parties du monde, pourroient sans inconvénient se servir de la livre de leur pays, quelle qu'elle fût, pourvu qu'au lieu de la diviser, comme on l'a fait jusqu'ici, en fractions arbitraires, on se déterminât par une convention générale à la diviser en dixièmes, en centièmes, en millièmes, en dix-millièmes, etc., c'est-à-dire, en fractions décimales de livre. On s'entendroit alors dans tous les pays, comme dans toutes les langues : on ne seroit pas sûr, il est vrai, de la quantité absolue de matière qu'on auroit employée dans une expérience ; mais on connoîtroit sans difficulté, sans calcul, le rapport des produits entr'eux ; ces rapports seroient les mêmes pour les savans du monde entier, et l'on auroit véritablement pour cet objet un langage universel.

Frappé de ces considérations, j'ai toujours eu le projet de faire diviser la livre, poids de marc, en fractions décimales, et ce n'est que depuis peu que j'y suis parvenu. M. Fourché,

balancier, successeur de M. Chemin, rue de la Ferronerie, a remppli cet objet avec beaucoup d'intelligence et d'exactitude, et j'invite tous ceux qui s'occupent d'expériences, à se procurer de semblables divisions de la livre : pour peu qu'ils ayent d'usage du calcul des décimales, ils seront étonnés de la simplicité et de la facilité que cette division apportera dans toutes leurs opérations. Je détaillerai dans un Mémoire particulier destiné pour l'Académie, les précautions et les attentions que cette division de la livre exige.

En attendant que cette méthode soit adoptée par les savans de tous les pays, il est un moyen simple, sinon d'atteindre au même but, au moins d'en approcher et de simplifier les calculs. Il consiste à convertir à chaque pesée les onces, gros et grains qu'on a obtenus, en fractions décimales de livre, et pour diminuer la peine que ce calcul pourroit présenter, j'ai formé une table où ces calculs se trouvent tous faits ou au moins réduits à de simples additions. Elle se trouve à la fin de cette troisième partie : voici la manière de s'en servir.

Je suppose qu'on ait employé dans une expérience 4 livres de matières, et que par le résultat de l'opération on ait obtenu quatre produits différens A, B, C, D, pesant, savoir :

	liv.	onc.	gros	grains.
Produit A	2	5	3	63
Produit B	1	2	7	15
Produit C	»	3	1	37
Produit D	»	4	3	29
TOTAL.	4	»	»	»

On transformera, au moyen de la table, ces fractions vulgaires en décimales, comme il suit :

Pour le produit A.

Fractions vulgaires. liv.	onc.	gros	gr.	Fractions décimales correspondantes. liv.
2	»	»	»	2,0000000
	5	»	»	0,3125000
		3	»	0,0234375
			63	0,0068359
Total 2	5	3	63	2,3427734

Pour le produit B.

liv.	onc.	gros.	gr.	liv.
1	»	»	»	1,0000000
	2	»	»	0,1250000
		7	»	0,0546875
			15	0,0016276
Total 1	2	7	15	1,1813151

Pour le produit C.

	Fractions vulgaires.			Fractions décimales correspondantes.
	onc.	gros	gr.	liv.
	3	»	»	0,1875000
		1	»	0,0078125
			37	0,0040148
Total	»	3	1 37	0,1993273

Pour le produit D.

	onc.	gros	gr.	liv.
	4	»	»	0,2500000
		3	»	0,0234375
			29	0,0031467
Total	»	4	3 29	0,2765842

En récapitulant ces résultats, on aura en fractions décimales :

Pour le produit A	2,3427734
Pour le produit B	1,1813151
Pour le produit C	0,1993273
Pour le produit D	0,2765842
Total	4,0000000

Les produits ainsi exprimés en fractions décimales, sont ensuite susceptibles de toute espèce

de réduction et de calcul; et on n'est plus obligé de réduire continuellement en grains les nombres sur lesquels on veut opérer, et de réformer ensuite avec ces mêmes nombres des livres, onces et gros.

La détermination du poids des matières, et des produits, avant et après les expériences étant la base de tout ce qu'on peut faire d'utile et d'exact en Chimie, on ne sauroit y apporter trop d'exactitude. La première chose, pour remplir cet objet, est de se munir de bons instrumens. On ne peut se dispenser d'avoir, pour opérer commodément, trois excellentes balances. La première doit peser jusqu'à 15 et 20 livres, sans fatiguer le fléau. Il n'est pas rare d'être obligé dans des expériences chimiques de déterminer à un demi-grain près ou un grain tout au plus la tarre et le poids de très-grands vases et d'appareils très-pesans. Il faut, pour arriver à ce degré de précision, des balances faites par un artiste habile et avec des précautions particulières; il faut sur-tout se faire une loi de ne jamais s'en servir dans un laboratoire où elles seroient immanquablement rouillées et gâtées: elles doivent être conservées dans un cabinet séparé, où il n'entre jamais d'acides. Celles dont je me sers ont été construites par M. Fortin; leur fléau a trois pieds de long, et

elles réunissent toutes les sûretés et les commodités qu'on peut desirer. Je ne crois pas que, à l'exception de celles de Ramsden, il en existe qui puissent leur être comparées pour la justesse et pour la précision. Indépendamment de cette forte balance, j'en ai deux autres qui sont bannies, comme la première, du laboratoire; l'une pèse jusqu'à 18 ou 20 onces, à la précision du dixième de grain; la troisième ne pèse que jusqu'à un gros, et les $5\,12^{cs}$ de grain y sont très-sensibles.

Je donnerai à l'Académie, dans un Mémoire particulier, une description de ces trois balances, avec des détails sur le degré de précision qu'on en obtient.

Ces instrumens au surplus dont on ne doit se servir que pour les expériences de recherche, ne dispensent pas d'en avoir d'autres moins précieux pour les usages courans du laboratoire. On y a continuellement besoin d'une grosse balance à fléau de fer peint en noir, qui puisse peser des terrines entières pleines de liquide, et des quantités d'eau de 40 à 50 livres, à un demi-gros près; d'une seconde balance susceptible de peser jusqu'à 8 à 10 livres, à 12 ou 15 grains près; enfin d'une petite balance à la main, pesant environ une livre, à la précision du grain.

Mais ce n'est pas encore assez d'avoir d'excellentes balances, il faut les connoître, les avoir étudiées, savoir s'en servir, et l'on n'y parvient que par un long usage et avec beaucoup d'attention. Il est sur-tout important de vérifier souvent les poids dont on se sert : ceux fournis chez les balanciers ayant été ajustés avec des balances qui ne sont pas extrêmement sensibles, ne se trouvent plus rigoureusement exacts quand on les éprouve avec des balances aussi parfaites que celles que je viens d'annoncer.

Ce seroit une excellente manière, pour éviter les erreurs dans les pesées, que de les répéter deux fois, en employant pour les unes des fractions vulgaires de livre, et pour les autres des fractions décimales.

Tels sont les moyens qui ont paru jusqu'ici les plus propres à déterminer les quantités de matières employées dans les expériences, c'est-à-dire, pour me servir de l'expression ordinaire, à déterminer le poids absolu des corps. Mais en adoptant cette expression, je ne puis me dispenser d'observer que, prise dans un sens strict, elle n'est pas absolument exacte. Il est certain qu'à la rigueur nous ne connoissons et nous ne pouvons connoître que des pesanteurs relatives ; que nous ne pouvons les exprimer qu'en partant d'une unité conventiou-

nelle : il seroit donc plus vrai de dire que nous n'avons aucune mesure du poids absolu des corps.

Passons maintenant à ce qui concerne la pesanteur spécifique. On a désigné sous ce nom le poids absolu des corps divisé par leur volume, ou ce qui revient au même, le poids que pèse un volume déterminé d'un corps. C'est la pesanteur de l'eau qu'on a choisie, en général, pour l'unité qui exprime ce genre de pesanteur. Ainsi quand on parle de la pesanteur spécifique de l'or, on dit qu'il est dix-neuf fois aussi pesant que l'eau ; que l'acide sulfurique concentré est deux fois aussi pesant que l'eau, et ainsi des autres corps.

Il est d'autant plus commode de prendre ainsi la pesanteur de l'eau pour unité, que c'est presque toujours dans l'eau que l'on pèse les corps dont on veut déterminer la pesanteur spécifique. Si, par exemple, on se propose de reconnoître la pesanteur spécifique d'un morceau d'or pur écroui à coups de marteau, et si ce morceau d'or pèse dans l'air 8 onces 4 gros 2 grains et demi, comme celui que M. Brisson a éprouvé, page 5 de son Traité de la Pesanteur spécifique, on suspend cet or à un fil métallique très-fin et assez fort cependant pour pouvoir le supporter sans se rompre ; on attache ce fil

sous le bassin d'une balance hydrostatique, et on pèse l'or entièrement plongé dans un vase rempli d'eau. Le morceau d'or dont il est ici question, a perdu dans l'expérience de M. Brisson 3 gros 37 grains. Or, il est évident que le poids que perd un corps quand on l'a pesé dans l'eau, n'est autre que le poids du volume d'eau qu'il déplace, ou, ce qui est la même chose, qu'un poids d'eau égal à son volume; d'où l'on peut conclure qu'à volume égal, l'or pèse 4898 grains et demi, et l'eau 253: ce qui donne 193617 pour la pesanteur spécifique de l'or, celle de l'eau étant supposée 10000. On peut opérer de la même manière pour toutes les substances solides.

Il est au surplus assez rare qu'on ait besoin en Chimie de déterminer la pesanteur spécifique des corps solides, à moins qu'on ne travaille sur les alliages ou sur les verres métalliques: on a au contraire besoin presqu'à chaque instant de connoître la pesanteur spécifique des fluides, parce que c'est souvent le seul moyen qu'on ait de juger de leur degré de pureté et de concentration.

On peut également remplir ce dernier objet avec un très-grand degré de précision, au moyen de la balance hydrostatique, et en pesant successivement un corps solide, tel, par exemple,

qu'une boule de cristal de roche suspendue à un fil d'or très-fin, dans l'air et dans le fluide dont on veut déterminer la pesanteur spécifique. Le poids que perd la boule plongée dans le fluide, et celui d'un volume égal de ce fluide. En répétant successivement cette opération dans l'eau et dans différens fluides, on peut par un calcul très-simple en conclure leur rapport de pesanteur spécifique, soit entr'eux, soit avec l'eau : mais ce moyen ne seroit pas encore suffisamment exact, ou au moins il seroit très-embarrassant à l'égard des liqueurs dont la pesanteur spécifique diffère très-peu de celle de l'eau, par exemple, à l'égard des eaux minérales et de toutes celles en général qui sont très peu chargées de sels.

Dans quelques travaux que j'ai entrepris sur cet objet et qui ne sont point encore publics, je me suis servi avec beaucoup d'avantages de pèse-liqueurs très sensibles et dont je vais donner une idée. Ils consistent dans un cylindre creux A *b c f*, *planche VII*, *fig.* 6, de cuivre jaune, ou mieux encore d'argent, et lesté par le bas en *b c f* avec de l'étain. Ce pèse-liqueur est ici représenté nageant dans un bocal *l m n o* rempli d'eau. A la partie supérieure du cylindre est adaptée une tige faite d'un fil d'argent de $\frac{1}{4}$ de ligne de diamètre tout au plus, et surmontée d'un

petit

petit bassin *d* destiné à recevoir des poids. On fait sur cette tige une marque en *g*, dont on va expliquer l'usage. On peut faire cet instrument de différentes dimensions; mais il n'est suffisamment exact qu'autant qu'il déplace au moins quatre livres d'eau.

Le poids de l'étain dont cet instrument est lesté, doit être tel qu'il soit presqu'en équilibre dans de l'eau distillée, et qu'il ne faille plus y ajouter pour le faire entrer jusqu'à la marque *g*, qu'un demi-gros ou un gros tout au plus.

On commence par déterminer une première fois avec beaucoup d'exactitude le poids de cet instrument et le nombre de gros ou de grains dont il faut le charger dans de l'eau distillée, à une température donnée pour le faire entrer jusqu'à la marque *g*. On fait la même opération dans toutes les eaux dont on veut connoître la pesanteur spécifique, et on rapporte ensuite par le calcul les différences au pied cube, à la pinte ou à la livre, ou bien on les réduit en fractions décimales. Cette méthode, jointe à quelques expériences faites avec les réactifs, est une des plus sûres pour déterminer la qualité des eaux, et on y apperçoit des différences qui auroient échappé aux analyses chimiques les plus exactes. Je donnerai un jour le détail d'un grand travail que j'ai fait sur cet objet,

Les pèse-liqueurs métalliques ne peuvent servir que pour déterminer la pesanteur spécifique des eaux qui ne contiennent que des sels neutres ou des substances alkalines : on peut aussi en faire construire de particuliers lestés pour l'esprit-de-vin et les liqueurs spiritueuses. Mais toutes les fois qu'il est question de déterminer la pesanteur spécifique des acides, on ne peut employer que du verre. On prend alors un cylindre creux de verre *a b c*, *planche VII*, *figure* 14, qu'on ferme hermétiquement à la lampe en *b c f*; on y soude dans sa partie supérieure un tube capillaire *a d* surmonté par un petit bassin *d*. On leste cet instrument avec du mercure, et on en introduit plus ou moins, suivant la pesanteur des liqueurs qu'on se propose d'examiner. On peut introduire dans le tube *a d*, qui forme le col de cet instrument, une petite bande de papier qui porte des divisions ; et quoique ces divisions ne répondent pas aux mêmes fractions de grains dans des liqueurs dont la pesanteur spécifique est différente, elles sont cependant commodes pour les évaluations.

Je ne m'étendrai pas davantage sur les moyens qui servent pour déterminer, soit le poids absolu, soit la pesanteur spécifique des solides et des liquides ; les instrumens qu'on emploie à ce genre d'expériences, sont entre les mains de tout

le monde, on peut se les procurer aisément, et de plus grands détails seroient inutiles. Il n'en sera pas de même de la mesure des gaz : la plupart des instrumens dont je me sers ne se trouvant nulle part et n'ayant été décrits dans aucun ouvrage, il m'a paru nécessaire d'en donner connoissance plus détaillée ; c'est l'objet que je me suis proposé dans le Chapitre suivant.

CHAPITRE II.

De la Gazométrie, ou de la mesure du poids et du volume des substances aériformes.

PARAGRAPHE I.

Description des Appareils pneumato-chimiques.

LES Chimistes Français ont donné dans ces derniers tems le nom de *pneumato-chimique* à un appareil à la fois très-ingénieux et très-simple, imaginé par M. Priestley, et qui est devenu absolument indispensable dans tous les laboratoires. Il consiste en une caisse ou cuve de bois plus ou moins grande, *planche V*, *figure* 1 *et* 2, doublée de plomb laminé ou de feuilles de cuivre étamé. La *figure* 1 représente cette cuve vue en prespective; on en a supposé le devant et un des côtés enlevés dans la *figure* 2, afin de faire mieux sentir la manière dont elle est construite dans son intérieur.

On distingue dans tout appareil de cette espèce, la tablette de la cuve A B C D, *fig.* 1 *et* 2, et le fond de la cuve F G H I, *fig.* 2. L'intervalle qui se trouve entre ces deux plans est la cuve proprement dite, ou la fosse de la cuve. C'est

dans cette partie creuse qu'on emplit les cloches ; on les retourne ensuite et on les pose sur la tablette ABCD, *voyez* la cloche F, *planche X*. On peut encore distinguer les bords de la cuve, et l'on donne ce nom à tout ce qui excède le niveau de la tablette.

La cuve doit être suffisamment remplie, pour que la tablette soit toujours recouverte d'un pouce ou d'un pouce et demi d'eau ; elle doit avoir assez de largeur et de profondeur, pour qu'il y en ait alors au moins un pied en tout sens dans la fosse de la cuve. Cette quantité suffit pour les expériences ordinaires : mais il est un grand nombre de circonstances où il est commode, où il est même indispensable de se donner encore plus d'espace. Je conseille donc à ceux qui veulent s'occuper utilement et habituellement d'expériences de Chimie, de construire très-en grand ces appareils, si le local le leur permet. La fosse de ma cuve principale contient quatre pieds cubes d'eau, et la surface de sa tablette est de quatorze pieds carrés. Malgré cette grandeur qui me paroissoit d'abord démesurée, il m'arrive encore souvent de manquer de place.

Il ne suffit pas encore dans un laboratoire où l'on est livré à un courant habituel d'expériences, d'avoir un seul de ces appareils, quelque

grand qu'il soit : il faut indépendamment du magasin général, en avoir de plus petits et de portatifs même, qu'on place où le besoin l'exige et près du fourneau où l'on opère. Ce n'est qu'ainsi qu'on peut faire marcher plusieurs expériences à la fois. Il y a d'ailleurs des opérations qui salissent l'eau de l'appareil, et qu'il est nécessaire de faire dans une cuve particulière.

Il est sans doute beaucoup plus économique de se servir de cuves de bois, ou de baquets cerclés de fer et faits tout simplement avec des douves, plutôt que d'employer des caisses de bois doublées de cuivre ou de plomb. Je m'en suis moi-même servi dans mes premières expériences ; mais j'ai bientôt reconnu les inconvéniens qui y sont attachés. Si l'eau n'y est pas toujours entretenue au même niveau, les douves qui se trouvent à sec prennent de la retraite; elles se disjoignent, et quand on vient ensuite à mettre plus d'eau, elle s'échappe par les jointures, et les planchers sont inondés.

Les vaisseaux dont on se sert pour recevoir et pour contenir les gaz dans cet appareil, sont des cloches de cristal A, *figure* 9. Pour les transporter d'un appareil à un autre, ou même pour les mettre en réserve quand la cuve est trop embarrassée, on se sert de plateaux B C,

même figure, garnis d'un rebord et de deux anses D E, pour les transporter.

A l'égard de l'appareil pneumato-chimique au mercure, après avoir essayé d'en construire de différentes matières, je me suis arrêté définitivement au marbre. Cette substance est absolument imperméable au mercure; on n'a pas à craindre, comme avec le bois, que les assemblages se déjoignent, ou que le mercure s'échappe par des gerçures; on n'a point non plus l'inquiétude de la cassure, comme avec le verre, la faïence et la porcelaine.

On choisit donc un bloc de marbre B C D E, *planche V*, *fig.* 3 *et* 4, de deux pieds de long, de 15 à 18 pouces de large, et de 10 pouces d'épaisseur; on fait creuser jusqu'à une profondeur *m n*, *figure* 5, d'environ quatre pouces, pour former la fosse qui doit contenir le mercure: et pour qu'on puisse y remplir plus commodément les cloches ou jarres, on y fait creuser en outre une profonde rigole T V, *figures* 3, 4 *et* 5, de quatre autres pouces au moins de profondeur: enfin, comme cette rigole pourroit être embarrassante dans quelques expériences, il est bon qu'on puisse la boucher et la condamner à volonté, et l'on remplit cet objet au moyen de petites planches qui entrent dans une rainure *x y*, *figure* 5. Je me suis

déterminé à faire construire deux cuves de marbre, semblables à celle que je viens de décrire, mais de grandeurs différentes ; j'en ai toujours par ce moyen une des deux qui me sert de réservoir pour conserver le mercure, et c'est de tous les réservoirs le plus sûr et le moins sujet aux accidens.

On peut opérer dans le mercure avec cet appareil, exactement comme dans l'eau : il faut seulement employer des cloches très-fortes et d'un petit diamètre, ou des tubes de cristal qui ont un empatement par le bas, comme celui représenté, *fig.* 7, les faïenciers qui les tiennent, les nomment eudiomètres. On voit une de ces cloches en place A, *fig.* 5, et ce qu'on nomme une jarre, *fig.* 6.

L'appareil pneumato-chimique au mercure est nécessaire pour toutes les opérations où il se dégage des gaz susceptibles d'être absorbés par l'eau, et ce cas n'est pas rare, puisqu'il a lieu généralement dans toutes les combustions, à l'exception de celle des métaux.

PARAGRAPHE II. *Du Gazomètre.*

Je donne le nom de gazomètre à un instrument dont j'ai eu la première idée, et que j'avois fait exécuter dans la vue de former un soufflet qui pût fournir continuellement et uni-

formément un courant de gaz oxygène pour des expériences de fusion. Depuis, nous avons fait, M. Meusnier et moi, des corrections et des additions considérables à ce premier essai, et nous l'avons transformé en un instrument pour ainsi dire universel, dont il sera difficile de se passer toutes les fois qu'on voudra faire des expériences exactes.

Le nom seul de cet instrument indique assez qu'il est destiné à mesurer le volume des gaz. Il consiste en un grand fléau de balance, de trois pieds de longueur D E, *planche VIII*, *fig.* 1, construit en fer et très-fort. A chacune de ses exrémités D E, est solidement fixée une portion d'arc de cercle également en fer.

Ce fléau ne repose pas, comme dans les balances ordinaires, sur un couteau: on y a substitué un tourillon cylindrique d'acier F, *fig.* 9, qui porte sur des rouleaux mobiles: on est parvenu ainsi à diminuer considérablement la résistance qui pouvoit mettre obstacle au libre mouvement de la machine, puisque le frottement de la première espèce se trouve converti en un de la seconde. Ces rouleaux sont en cuivre jaune et d'un grand diamètre : on a pris de plus la précaution de garnir les points qui supportent l'axe ou tourillon du fléau, avec des bandes de cristal de roche. Toute cette

suspension est établie sur une colonne solide, de bois B C, *fig.* 1.

A l'extrémité D de l'un des bras du fléau, est suspendu un plateau de la balance P, destiné à recevoir des poids. La chaîne qui est plate s'applique contre la circonférence de l'arc *n* D *o*, dans une rainure pratiquée à cet effet. A l'extrémité E de l'autre bras du levier, est attachée une chaîne également plate *i k m*, qui par sa construction n'est pas susceptible de s'allonger ni de se raccourcir, lorsqu'elle est plus ou moins chargée. A cette chaîne est adapté solidement en *i* un étrier de fer à trois branches *a i*, *c i*, *hi*, qui supporte une grande cloche A de cuivre battu, de 18 pouces de diamètre sur environ 20 pouces de hauteur.

On a représenté toute cette machine en perspective dans la *planche VIII*, *fig.* 1; on l'a supposée au contraire, *planche IX*, *fig.* 2 *et* 4, partagée en deux par un plan vertical, pour laisser voir l'intérieur. Tout autour de la cloche dans le bas, *planche IX*, *fig.* 2, est un rebord relevé en-dehors et qui forme une capacité partagée en différentes cases 1, 2, 3, 4, etc. Ces cases sont destinées à recevoir des poids de plomb représentés séparément 1, 2, 3. Ils servent à augmenter la pesanteur de la cloche dans les cas où l'on a besoin d'une pression

considérable, comme on le verra dans la suite ; ces cas au surplus sont extrêmement rares. La cloche cylindrique B est entièrement ouverte par son fond *d e* ; *planche IX*, *fig.* 4 ; elle est fermée par le haut au moyen d'une calotte de cuivre *a b c*, ouverte en *b f*, et fermée par le moyen d'un robinet *g*. Cette calotte, comme on le voit par l'inspection des figures ; n'est pas placée tout-à-fait à la partie supérieure du cylindre ; elle est rentrée en dedans de quelques pouces, afin que la cloche ne soit jamais plongée en entier, sous l'eau, et qu'elle n'en soit pas recouverte. Si j'étois dans le cas de faire reconstruire un jour cette machine, je desirerois que la calotte fût beaucoup plus surbaissée, de manière qu'elle ne formât presque qu'un plan.

Cette cloche ou réservoir à air est reçue dans un vase cylindrique LMNO, *pl. XIII*, *fig.* 1, également de cuivre et qui est plein d'eau.

Au milieu de ce vase cylindrique L M N O, *pl. IX*, *fig.* 4, s'élèvent perpendiculairement deux tuyaux *s t*, *x y*, qui se rapprochent un peu l'un de l'autre par leur extrémité supérieure *t y*. Ces tuyaux se prolongent jusqu'un peu au-dessus du niveau du bord supérieur L M du vase L M N O. Quand la cloche *a b c d e* touche le fond N O, ils entrent d'un demi-

pouce environ dans la capacité conique *b*, qui conduit au robinet *g*.

La *figure* 3, *pl. IX*, représente le fond du vase L M N O. On voit au milieu une petite calotte sphérique creusé en dessous, assujettie et soudée par ses bords au fond du vase. On peut la considérer comme le pavillon d'un petit entonnoir renversé, auquel s'adaptent en *s* et en *x* les tuyaux *s t*, *x y*, *fig.* 4. Ces tuyaux se trouvent par ce moyen en communication avec ceux *mm*, *nn*, *oo*, *pp*, qui sont placés horisontalement sur le fond de la machine, *fig.* 3, et qui, tous quatre, se réunissent dans la calotte sphérique *s x*.

De ces quatre tuyaux, trois sortent en dehors du vase LMNO, et on peut les suivre *pl. VII*, *fig.* 1. L'un désigné par les chiffres arabes 1, 2, 3, s'ajuste en 3 avec la partie supérieure d'une cloche V, et par l'intermède du robinet 4. Cette cloche est posée sur la tablette d'une petite cuve G H I K, doublée de plomb et dont l'intérieur se voit *planche IX*, *fig.* 1.

Le second tuyau est appliqué contre le vase L M N O, de 6 en 7 : il se continue ensuite en 7, 8, 9 et 10, et vient s'engager en 11 sous la cloche V. Le premier de ces deux tuyaux est destiné à introduire le gaz dans la machine ; le second à en faire passer des essais

sous des cloches. On détermine le gaz à entrer ou à sortir, suivant le degré de pression qu'on donne, et on parvient à faire varier cette pression en chargeant plus ou moins le bassin P. Lors donc qu'on veut introduire de l'air, on donne une pression nulle et quelquefois même négative. Lorsqu'au contraire on veut en faire sortir, on augmente la pression jusqu'au degré où on le juge à propos.

Le troisième tuyau 12, 13, 14, 15 est destiné à conduire l'air ou le gaz à telle distance qu'on le juge à propos pour les combustions, combinaisons ou autres opérations de ce genre.

Pour entendre l'usage du quatrième tuyau, il est nécessaire que j'entre dans quelques explications. Je suppose que le vase LMNO, *fig.* 15 soit rempli d'eau, et que la cloche A soit en partie pleine d'air et en partie pleine d'eau : il est évident qu'on peut proportionner tellement les poids placés dans le bassin P, qu'il y ait un juste équilibre et que l'air ne tende ni à rentrer dans la cloche A, ni à en sortir : l'eau dans cette supposition sera au même niveau en-dedans et au-dehors de la cloche. Il n'en sera plus de même, sitôt qu'on aura diminué le poids placé dans le bassin P, et qu'il y aura pression du côté de la cloche : alors le niveau de l'eau sera plus bas dans l'intérieur qu'à l'ex-

térieur de la cloche, et l'air de l'intérieur se trouvera plus chargé que celui du dehors, d'une quantité qui sera mesurée exactement par le poids d'une colonne d'eau d'une hauteur égale à la différence des deux niveaux.

M. Meusnier, en partant de cette observation, a imaginé d'en déduire un moyen de reconnoître dans tous les instans le degré de pression qu'éprouveroit l'air contenu dans la capacité de la cloche A, *planche* 8, *fig.* 1. Il s'est servi à cet effet d'un siphon de verre à deux branches 19, 20, 21, 22 et 23, solidement mastiqué en 19 et en 23. L'extrémité 19 de ce siphon communique librement avec l'eau de la cuve ou vase extérieur. L'extrémité 23 au contraire communique avec le quatrième tuyau, dont je me suis réservé il n'y a qu'un moment d'expliquer l'usage, et par conséquent avec l'air de l'intérieur de la cloche, par le tuyau *st*, *pl. IX*, *fig.* 4. Enfin M. Meusnier a mastiqué en 16, *planche VIII*, *fig.* 1, un autre tube droit de verre 16, 17, 18, qui communique par son extrémité 16 avec l'eau du vase extérieur: il est ouvert à l'air libre par son extrémité supérieure 18.

Il est clair, d'après ces dispositions, que l'eau doit se tenir dans le tube 16, 17 et 18, constamment au niveau de celle de la cuve ou

vase extérieur ; que l'eau au contraire dans la branche 19, 20 et 21, doit se tenir plus haut ou plus bas, suivant que l'air de l'intérieur de la cloche est plus ou moins pressé que l'air extérieur, et que la différence de hauteur entre ces deux colonnes, observée dans le tube 16, 17 et 18, et dans celui 19, 20 et 21, doit donner exactement la mesure de la différence de pression. On a fait placer en conséquence entre ces deux tubes une règle de cuivre graduée et divisée en pouces et lignes, pour mesurer ces différences.

On conçoit que l'air et en général tous les fluides élastiques aériformes étant d'autant plus lourds qu'ils sont plus comprimés, il étoit nécessaire, pour en évaluer les quantités et pour convertir les volumes en poids, d'en connoître l'état de compression : c'est l'objet qu'on s'est proposé de remplir par le mécanisme qu'on vient d'exposer.

Mais ce n'est pas encore assez pour connoître la pesanteur spécifique de l'air ou des gaz et pour déterminer leur poids sous un volume connu, que de savoir quel est le degré de compression qu'ils éprouvent, il faut encore en connoître la température, et c'est à quoi nous sommes parvenus à l'aide d'un petit thermomètre dont la boule plonge dans la cloche A, et dont la

graduation s'élève en dehors : il est solidement mastiqué dans une virole de cuivre qui se visse à la calote supérieure de la cloche A. *Voyez* 24 et 25, *planche VIII*, *fig.* 1, et *pl. IX*, *fig.* 4. Ce même thermomètre est représenté séparément, *pl. VIII*, *fig.* 10.

L'usage du Gazomètre auroit encore présenté de grands embarras et de grandes difficultés, si nous nous fussions bornés à ces seules précautions. La cloche, en s'enfonçant dans l'eau du vase extérieur LMNO, perd de son poid, et cette perte de poids est égale à celui de l'eau qu'elle déplace. Il en résulte que la pression qu'éprouve l'air ou le gaz contenu dans la cloche, diminue continuellement à mesure qu'elle s'enfonce; que le gaz qu'elle a fourni dans le premier instant, n'est pas de la même densité que celui qu'elle fournit à la fin; que sa pesanteur spécifique va continuellement en décroissant; et quoiqu'à la rigueur ces différences puissent être déterminées par le calcul, on auroit été obligé à des recherches mathématiques qui auroient rendu l'usage de cet appareil embarrassant et difficile. Pour remédier à cet inconvénient, M. Meusnier a imaginé d'élever perpendiculairement au milieu du fléau une tige carrée de fer 26 et 27, *pl. VIII*, *fig.* 1, qui traverse une lentille creuse de cuivre 28, qu'on

ouvre

ouvre et qu'on peut rempir de plomb. Cette lentille glisse le long de la tige 26 et 27 ; elle se meut par le moyen d'un pignon denté qui engraîne dans une crémaillière, et elle se fixe à l'endroit qu'on juge à propos.

Il est clair que quand le levier D E est horizontal, la lentille 28 ne pèse ni d'un côté ni d'un autre ; elle n'augmente donc ni ne diminue la pression. Il n'en est plus de même quand la cloche A s'enfonce davantage et que le levier s'incline d'un côté, comme on le voit *fig.* 1. Alors le poids 28 qui n'est plus dans la ligne verticale qui passe par le centre de suspension, pèse du côté de la cloche et augmente sa pression. Cet effet est d'autant plus grand, que la lentille 28 est plus élevée vers 27, parce que le même poids exerce une action d'autant plus forte, qu'il est appliqué à l'extrémité d'un levier plus long. On voit donc qu'en promenant le poids 28 le long de la tige 26 et 27, suivant laquelle il est mobile, on peut augmenter ou diminuer l'effet de la correction qu'il opère ; et le calcul comme l'expérience, prouvent qu'on peut arriver au point de compenser fort exactement la perte de poids que la cloche éprouve à tous les degrés de pression.

Je n'ai encore rien dit de la manière d'évaluer les quantités d'air ou de gaz fournies par

la machine, et cet article est de tous le plus important. Pour déterminer avec une rigoureuse exactitude ce qui s'est dépensé dans le cours d'une expérience, et réciproquement pour savoir ce qui en a été fourni, nous avons établi sur l'arc de cercle qui termine le levier D E, *fig.* 1, un limbe de cuivre *l m* divisé en degrés et demi-degrés ; cet arc est fixé au levier DE, et il est emporté par un mouvement commun. On mesure les quantités dont il s'abaisse, au moyen d'un index fixe 29, 30, qui se termine en 30 par un *nonnius* qui donne les centièmes de degré.

On voit, *planche VIII*, les détails des différentes parties que nous venons de décrire.

1°. *Figure* 2, la chaîne plate qui soutient le bassin de balance P ; c'est celle de M. Vaucanson : mais comme elle a l'inconvénient de s'allonger ou de se raccourcir suivant qu'elle est plus ou moins chargée, il y auroit eu de l'inconvénient à l'employer à la suspension de la cloche A.

2°. *Figure* 5, la chaîne, *ikm*, qui, dans la *fig.* 1 porte la cloche A ; elle est toute formée de plaques de fer limées, enchevêtrées les unes dans les autres, et maintenues par des chevilles de fer. Quelque fardeau qu'on fasse supporter à ce genre de chaîne, elle ne s'alonge pas sensiblement.

3°. *Figure* 6, l'étrier à trois branches, par le moyen duquel est suspendue la cloche A avec des vis de rappel, pour la fixer dans une position bien verticale.

4°. *Figure* 3, la tige 26, 27, qui s'élève perpendiculairement au milieu du fléau, et qui porte la lentille 28.

5°. *Figures* 7 et 8, les rouleaux avec la bande *z* de cristal de roche, sur laquelle portent les contacts, pour diminuer encore le frottement.

6°. *Figure* 4, la pièce qui porte l'axe des rouleaux.

7°. *Figure* 9, le milieu du fléau avec le tourillon sur lequel il est mobile.

8°. *Figure* 10, le thermomètre qui donne le degré de l'air contenu dans la cloche.

Quand on veut se servir du gazomètre qu'on vient de décrire, il faut commencer par remplir d'eau le vase extérieur L M N O, *pl. VIII*, *fig.* 1, jusqu'à une hauteur déterminée, qui doit toujours être la même dans toutes les expériences. Le niveau de l'eau doit être pris quand le fleau de la machine est horisontal. Ce niveau, quand la cloche est à fond, se trouve augmenté de toute la quantité d'eau qu'elle a déplacée; il diminue au contraire à mesure que la cloche approche de son plus haut point

d'élévation. On cherche ensuite par tâtonnemens quelle est l'élévation à laquelle doit être fixée la lentille 28, pour que la pression soit égale dans toutes les positions du fléau. Je dis à-peu près, parce que la correction n'est pas rigoureuse, et que les différences d'un quart de ligne et même d'une demi-ligne ne sont d'aucune conséquence. Cette hauteur à laquelle il faut élever la lentille, n'est pas la même pour tous les degrés de pression; elle varie suivant que cette pression est de 1 pouce, 2 pouces, 3 pouces, etc. Toutes ces déterminations doivent être écrites à mesure sur un registre avec beaucoup d'ordre.

Ces premières dispositions faites, on prend une bouteille de huit à dix pintes, dont on détermine bien la capacité en pesant exactement la quantité d'eau qu'elle peut contenir. On renverse cette bouteille ainsi plaine dans la cuve GHIK, *fig.* 1. On en pose le gouleau sur la tablette à la place de la cloche V, en engageant l'extrémité 11 du tuyau 7, 8, 9, 10, 11 dans son gouleau. On établit la machine à zéro de pression, et on observe bien exactement le degré marqué par l'index sur le limbe : puis ouvrant le robinet 8 et appuyant un peu sur la cloche A, on fait passer autant d'air qu'il en faut pour remplir entièrement la bouteille.

Alors on observe de nouveau le limbe, et on est en état de calculer le nombre de pouces cubes qui répondent à chaque degré.

Après cette première bouteille on en remplit une seconde, une troisième, etc. on recommence même plusieurs fois cette opération, et même avec des bouteilles de différentes capacités; et avec du tems et une scrupuleuse attention on parvient à jauger la cloche A dans toutes ses parties. Le mieux est de faire ensorte qu'elle soit bien tournée et bien cylindrique, afin d'éviter les évaluations et les calculs.

L'instrument que je viens de décrire et que j'ai nommé gazomètre, a été construit par M. Meignié le jeune, ingénieur, constructeur d'instrumens de physique, bréveté du roi. Il y a apporté un soin, une exactitude et une intelligence rares. C'est un instrument précieux par le grand nombre des applications qu'on en peut faire, et parce qu'il est des expériences à-peu-près impossibles sans lui. Ce qui le renchérit, c'est qu'un seul ne suffit pas; il le faut double dans un grand nombre de cas, comme dans la formation de l'eau, dans celle de l'acide nitreux, etc. C'est un effet inévitable de l'état de perfection dont la Chimie commence à s'approcher, que d'exiger des instrumens et des appareils dispendieux et compliqués: il faut s'attacher

sans doute à les simplifier, mais il ne faut pas que ce soit aux dépens de leur commodité et sur-tout de leur exactitude.

§ III.

De quelques autres manières de mesurer le volume des Gaz.

Le gazomètre dont je viens de donner la description dans le paragraphe précédent, est un instrument trop compliqué et trop cher, pour qu'on puisse l'employer habituellement à la mesure des gaz dans les laboratoires; il s'en faut même beaucoup qu'il soit applicable à toutes les circonstances. Il faut pour une multitude d'expériences courantes, des moyens plus simples et qui soient, si l'on peut se permettre cette expression, plus à la main. Je vais détailler ici ceux dont je me suis servi jusqu'au moment où j'ai eu un gazomètre à ma disposition, et dont je me sers encore aujourd'hui de préférence dans le cours ordinaire de mes expériences.

J'ai décrit dans le paragraphe premier de ce chapitre les appareils pneumato-chimiques à l'eau et au mercure. Ils consistent, comme on l'a vu, en cuves plus ou moins grandes, sur la tablette desquelles se posent les cloches destinées

à recevoir les gaz. Je suppose qu'à la suite d'une expérience quelconque, on ait dans un appareil de cette espèce un résidu de gaz qui n'est absorbable ni par l'alkali ni par l'eau, qui est contenu dans le haut d'une cloche AEF, *pl. IV*, *fig.* 3, et dont on veut connoître le volume. On commence par marquer avec une grande exactitude par le moyen de bandes de papier la hauteur EF de l'eau ou de mercure. Il ne faut pas se contenter d'appliquer une seule marque d'un des côtés de la cloche, parce qu'il pourroit rester de l'incertitude sur le niveau du liquide : il en faut au moins trois ou même quatre en opposition les unes aux autres.

On doit ensuite, si c'est sur du mercure qu'on opère, faire passer sous la cloche de l'eau pour déplacer le mercure. Cette opération se fait facilement avec une bouteille qu'on emplit d'eau à rase : on en bouche l'orifice avec le doigt, on la renverse et on engage son col sous la cloche; puis retournant la bouteille, on en fait sortir l'eau qui s'élève au dessus de la colonne de mercure et qui la déplace. Lorsque tout le mercure est ainsi déplacé, on verse de l'eau sur la cuve ABCD, de manière que le mercure en soit couvert d'un pouce environ. On passe une assiette ou un vase quelconque très-plat sous la cloche, et on l'enlève pour la

transporter sur une cuve à eau, *pl. V, fig.* 1 *et* 2. Alors on transvase l'air dans une cloche qui a été graduée de la manière dont je vais l'expliquer, et on juge de la quantité du gaz par les graduations de la cloche.

A cette première manière de déterminer le volume du gaz, on peut en substituer une autre qu'il est bon d'employer comme moyen de vérification. L'air ou le gaz une fois transvasé, on retourne la cloche qui le contenoit, et on y verse de l'eau jusqu'aux marques E F; on pèse cette eau, et de son poids on en conclut le volume, d'après cette donnée qu'un pied cube ou 1728 pouces d'eau pèsent 70 liv. On trouvera à la fin de cette troisième partie une table où ces réductions se trouvent toutes faites.

La manière de graduer les cloches est extrêmement facile, et je vais en donner le procédé, afin que chacun puisse s'en procurer. Il est bon d'en avoir de plusieurs grandeurs, et même un certain nombre de chaque grandeur, pour y avoir recours en cas d'accident.

On prend une cloche de cristal un peu forte, longue et étroite; on l'emplit d'eau dans la cuve représentée *pl. V, fig.* 1, et on la pose sur la tablette ABCD. On doit avoir une place déterminée qui serve constamment à ce genre d'opération, afin que le niveau de la tablette sur

laquelle on pose la cloche soit toujours la même; on évite par-là presque la seule erreur dont ce genre d'opération soit susceptible.

D'un autre côté, on choisit une bouteille à gouleau étroit, qui, pleine à rase, contienne juste 6 onces 3 gros 61 grains d'eau, ce qui répond à un volume de 10 pouces cubiques. Si on ne trouvoit pas de bouteille qui eût précisément cette capacité, on en prendroit une un peu plus grande, et on y couleroit un peu de cire fondue avec de la résine, pour en diminuer la capacité : cette bouteille sert d'étalon pour jauger la cloche, et voici comme on y procède : On fait passer l'air contenu dans cette bouteille dans la cloche qu'on se propose de graduer, puis on fait une marque à la hauteur jusqu'à laquelle est descendue l'eau. On ajoute une seconde mesure d'air et on fait une nouvelle marque ; on continue ainsi jusqu'à ce que toute l'eau de la cloche ait été déplacée. Il est important pendant le cours de cette opération, que la bouteille et la cloche soient maintenues constamment à la même température, et que cette température diffère peu de celle de l'eau de la cuve. On doit donc éviter d'appliquer les mains sur la cloche, ou au moins de les y tenir longtems, pour ne la pas échauffer : si même on craignoit qu'elle ne l'eût été, il faudroit verser

dessus de l'eau de la cuve pour la rafraîchir. La hauteur du baromètre et du thermomètre est indifférente pour cette opération, pourvu qu'elle ne varie pas pendant qu'elle dure.

Lorsque les marques ont été ainsi placées de 10 pouces en 10 pouces sur la cloche, on y trace une graduation avec une pointe de diamant emmanchée dans une petite tige de fer. On trouve des diamans ainsi montés pour un prix modique au Louvre, chez le successeur de Passement. On peut graduer de la même manière des tubes de cristal pour le mercure : on les divise alors de pouce en pouce et même de dixièmes de pouce en dixièmes de pouce. La bouteille qui sert de jauge doit contenir juste 8 onces 6 gros 25 grains de mercure; c'est le poids équivalent à un pouce cubique.

Cette manière de déterminer les volumes d'air au moyen d'une cloche graduée, comme on vient de l'exposer, a l'avantage de n'exiger aucune correction pour la différence de hauteur qui existe entre le niveau de l'eau dans l'intérieur de la cloche, et celui de l'eau de la cuve : mais il ne dispense pas des corrrections relatives à la hauteur du baromètre et du thermomètre. Lorsqu'on détermine au contraire le volume de l'air par le poids de l'eau contenue jusqu'aux marques E F, on a une correction de

plus à faire pour la différence des niveaux du fluide en-dedans et en-dehors de la cloche, comme je l'expliquerai dans le § V de ce chapitre.

§ IV.

De la manière de séparer les unes des autres les différentes espèces de Gaz.

On n'a présenté dans le paragraphe précédent qu'un cas des plus simples, celui où on se propose de déterminer le volume d'un gaz pur non absorbable par l'eau : les expériences conduisent ordinairement à des résultats plus compliqués, et il n'est pas rare d'obtenir à la fois trois ou quatre espèces de gaz différentes. Je vais essayer de donner une idée de la manière dont on parvient à les séparer.

Je suppose que j'aie sous la cloche A, *pl. IV*, *fig.* 3, une quantité AEF de différens gaz, mêlés ensemble et contenus par du mercure : on doit commencer par marquer exactement avec des bandes de papier, comme je l'ai prescrit dans le paragraphe précédent, la hauteur du mercure ; on fait ensuite passer sous la cloche une très-petite quantité d'eau, d'un pouce cubique, par exemple : si le mélange de gaz contient du gaz acide muriatique ou du gaz acide sulfureux,

il y aura sur-le-champ une absorption très-considérable, parce que c'est une propriété de ces gaz d'être absorbés en grande quantité par l'eau, sur-tout le gaz acide muriatique. Si le pouce cube d'eau qui a été introduit ne produit qu'une très-légère absorption et à peine égale à son volume, on en conclura que le mélange ne contient ni gaz acide muriatique, ni gaz acide sulfureux, ni même de gaz ammoniaque; mais on commencera dès-lors à soupçonner qu'il est mélangé de gaz acide carbonique, parce qu'en effet l'eau n'absorbe de ce gaz qu'un volume à-peu-près égal au sien. Pour vérifier ce soupçon, on introduira sous la cloche de l'akali caustique en liqueur : s'il y a du gaz acide carbonique, on observera une absorption lente et qui durera plusieurs heures ; l'acide carbonique se combinera avec l'alkali caustique ou potasse, et ce qui restera ensuite n'en contiendra pas sensiblement.

On n'oubliera pas à la suite de chaque expérience de coller des marques de papier sur la cloche, à l'endroit où répondra la surface du mercure, et de les vernir dès qu'elles seront sèches, afin qu'on puisse plonger la cloche dans l'eau sans risquer de les décoller. Il sera également nécessaire de tenir note de la différence de niveau entre le mercure de la cloche et celui

de la cuve, ainsi que de la hauteur du baromètre et du degré du thermomètre.

Lorsqu'on aura ainsi absorbé par l'eau et par la potasse tous les gaz qui en sont susceptibles, on fera passer de l'eau sous la cloche pour en déplacer tout le mercure ; on couvrira, comme je l'ai prescrit dans le paragraphe précédent, le mercure de la cuve d'environ deux pouces d'eau ; puis passant par-dessous la cloche une assiette plate, on la transportera sur la cuve pneumato-chimique à l'eau : là on déterminera la quantité d'air ou de gaz restant, en la faisant passer dans une cloche graduée. Cela fait, on en prendra différens essais dans de petites jarres, et par des expériences préliminaires on cherchera à reconnoître quels sont à-peu-près les gaz auxquels on a affaire. On introduira par exemple dans une des petites jarres remplie de ce gaz une bougie allumée, comme on le voit représenté *pl. V*, *fig.* 8. Si la bougie ne s'y éteint pas, on en conclura qu'il contient du gaz oxygène, et même, suivant que la flamme de la bougie sera plus ou moins éclatante, on pourra juger s'il en contient plus ou moins que l'air de l'atmosphère. Dans le cas au contraire où la bougie s'y éteindroit, on auroit une forte raison de présumer que ce résidu est, pour la plus grande partie, du gaz azote. Si à l'approche

de la bou ie le gaz s'enflamme et brûle paisiblement à la surface avec une flamme de couleur blanche, on en conclura que c'est du gaz hydrogène pur ; si elle est bleue, on aura lieu d'en conclure que ce gaz est carboné : enfin s'il brûle avec bruit et détonation, c'est un mélange de gaz oxygène et de gaz hydrogène.

On peut encore mêler une portion du même gaz avec du gaz oxygène ; s'il y a vapeurs rouges et absorption, on conclura qu'il contient du gaz nitreux.

Ces connoissances préliminaires donnent bien une idée de la qualité du gaz et de la nature du mélange ; mais elles ne suffisent pas pour déterminer les proportions et les quantités. Il faut alors avoir recours à toutes les ressources de l'analyse, et c'est beaucoup que de savoir à-peu-près dans quel sens il faut diriger ses efforts. Je suppose que l'on ait reconnu que le résidu sur lequel on opère soit un mélange de gaz azote et de gaz oxygène : pour en reconnoître la proportion, on en fait passer une quantité déterminée, 100 parties par exemple, dans un tube gradué de 10 à 12 lignes de diamètre : on y introduit du sulfure de potasse dissous dans l'eau, et on laisse le gaz en contact avec cette liqueur ; elle absorbe tout le gaz

oxygène et au bout de quelques jours il ne reste que du gaz azote.

Si au contraire on a reconnu qu'on avoit affaire à du gaz hydrogène, on en fait passer une quantité déterminée dans un eudiomètre de Volta ; on y joint une première portion de gaz oxygène, qu'on fait détoner avec lui par l'étincelle électrique : on ajoute une seconde portion du même gaz oxygène, et on fait détoner de nouveau, et ainsi jusqu'à ce qu'on ait obtenu la plus grande diminution possible de volume. Il se forme, comme on sait, dans cette détonation, de l'eau qui est absorbée sur-le-champ ; mais si le gaz hydrogène contenoit du carbone, il se forme en même tems de l'acide carbonique qui ne s'absorbe pas aussi promptement, et dont on peut reconnoître la quantité en facilitant son absorption par l'agitation de l'eau.

Enfin si on a du gaz nitreux, on peut encore en déterminer la quantité, du moins à-peu-près, par une addition de gaz oxygène, et d'après la diminution du volume qui en résulte.

Je m'en tiendrai à ces exemples généraux, qui suffisent pour donner une idée de ce genre d'opérations. Un volume entier ne suffiroit pas, si l'on vouloit prévoir tous les cas. L'analyse

des gaz est un art avec lequel il faut se familiariser ; mais comme ils ont la plupart de l'affinité les uns les autres, il faut avouer qu'on n'est pas toujours sûr de les avoir complètement séparés. C'est alors qu'il faut changer de marche et de route, refaire d'autres expériences sous une autre forme, introduire quelque nouvel agent dans la combinaison, en écarter d'autres, jusqu'à ce qu'on soit sûr d'avoir saisi la vérité.

§ V.

Des corrections à faire au volume des Gaz obtenus dans les expériences, relativement à la pression de l'atmosphère.

C'est une vérité donnée par l'expérience, que les fluides élastiques en général sont compressibles en raison des poids dont ils sont chargés. Il est possible que cette loi souffre quelqu'altération aux approches du dégré de compression qui seroit suffisant pour les réduire à l'étrt liquide, et de même à un degré de dilatation ou de compression extrême : mais nous ne sommes pas près de ces limites pour la plupart des gaz que nous soumettons à des expériences.

Quand je dis que les fluides élastiques sont compressibles

compressibles en raison des poids dont ils sont chargés, voici comme il faut entendre cette proposition.

Tout le monde sait ce que c'est qu'un baromètre. C'est, à proprement parler, un siphon ABCD, *pl.* 12, *fig.* 16, plein de mercure dans la branche A B, plein d'air dans la branche BCD. Si l'on suppose mentalement cette branche BCD prolongée indéfiniment jusqu'au haut de notre atmosphère, on verra clairement que le baromètre n'est autre chose qu'une sorte de balance, un instrument dans lequel on met une colonne d'air. Mais il est facile de s'appercevoir que, pour que cet effet ait lieu, il est parfaitement inutile de prolonger la branche BCD à une aussi grande hauteur, et que comme le baromètre est plongé dans l'air, la colonne AB de mercure sera également en équilibre avec une colonne de même diamètre d'air de l'atmosphère, quoique la branche du siphon BCD soit coupée en C et qu'on en retranche la partie C D.

La hauteur moyenne d'une colonne de mercure, capable de faire équilibre avec le poids d'une colonne d'air prise depuis le haut de l'atmosphère jusqu'à la surface de la terre, est de 28 pouces de mercure, du moins à Paris et même dans les quartiers bas de la ville ; ce qui

signifie en d'autres termes que l'air à la surface de la terre à Paris, est communément pressé par un poids égal à celui d'une colonne de mercure de 28 pouces de hauteur. C'est ce que j'ai voulu exprimer dans cet ouvrage, lorsque j'ai dit en parlant des différens gaz, par exemple du gaz oxygène, qu'il pesoit 1 once 4 gros le pied cube, sous une pression de 28 pouces. La hauteur de cette colonne de mercure diminue à mesure que l'on s'élève et que l'on s'éloigne de la surface de la terre, ou pour parler plus rigoureusement, de la ligne de niveau formée par la surface de la mer; parce qu'il n'y a que la colonne d'air supérieure au baromètre qui fasse équilibre avec le mercure, et que la pression de toute la quantité d'air qui est au dessous du niveau où il est placé, est nulle par rapport à lui.

Mais, suivant quelle loi le baromètre baissera t-il à mesure que l'on s'élève; ou, ce qui revient au même, quelle est la loi suivant laquelle les différentes couches de l'atmosphère décroissent de densité? C'est ce qui a beaucoup exercé la sagacité des Physiciens du dernier siècle. L'expérience suivante a d'abord jeté beaucoup de lumière sur cet objet.

Si l'on prend un siphon de verre ABCDE, *pl. XII, fig.* 17, fermé en E et ouvert en A, et

qu'on y introduise quelques gouttes de mercure pour intercepter la communication entre la branche A B et la branche B E, il est clair que l'air contenu dans la branche BCDE sera pressé comme tout l'air environnant par une colonne égale au poids de 28 pouces de mercure. Mais si on verse du mercure dans la branche AB, jusqu'à 28 pouces de hauteur, il est clair que l'air de la branche BCDE sera pressé par un poids égal à deux fois 28 pouces de mercure: or l'expérience a démontré qu'alors au lieu d'occuper le volume total BE, il n'occupera plus que celui CE qui en est précisément la moitié. Si à cette première colonne de 28 pouces de mercure, on en ajoute deux autres également de 28 pouces dans la branche AC, l'air de la branche BCDE sera comprimé par quatre colonnes chacune égale au poids de 28 pouces de mercure, et il n'occupera plus que l'espace DE, c'est-à-dire le quart du volume qu'il occupoit au commencement de l'expérience. De ces résultats qu'on peut varier d'une infinité de manières, on en a déduit cette loi générale qui paroît applicable à tous les fluides élastiques, que leur volume décroît proportionnellement aux poids dont ils sont chargés; ce qui peut aussi s'énoncer en ces termes, que *le volume de tout fluide élastique est en raison inverse*

des poids dont il est comprimé. Les expériences faites pour la mesure des hautes montagnes ont pleinement confirmé l'exactitude de ces résultats, et en supposant qu'ils s'écartent de la vérité, les différences sont si excessivement petites qu'elles peuvent être regardées comme rigoureusement nulles dans les expériences chimiques.

Cette loi de la compression des fluides élastiques une fois bien entendue, il est aisé d'en faire l'application aux corrections qu'il est indispensable de faire au volume des airs ou gaz dans les expériences pneumato-chimiques. Ces corrections sont de deux genres; les unes relatives à la variation du baromètre; les autres relatives à la colonne d'eau ou de mercure contenus dans les cloches. Je vais faire en sorte de me rendre intelligible par des exemples : je commencerai par le cas le plus simple.

Je suppose qu'on ait obtenu 100 pouces de gaz oxygène à 10 degrés de température, le baromètre marquant 28 pouces 6 lignes. On peut demander deux choses; la première quel est le volume que les 100 pouces occuperoient sous une pression de 28 pouces, au lieu de 28 pouces 6 lignes; la seconde quel est le poids des 100 pouces de gaz obtenus?

Pour répondre à ces deux questions, on nom-

mera x le nombre de pouces cubiques qu'occuperoient les 100 pouces de gaz oxygène, à la pression de 28 pouces ; et puisque les volumes sont en raison inverse des poids comprimans, on aura 100 pouces : x :: $\frac{1}{285}$: $\frac{1}{280}$; d'où l'on déduit aisément $x = 101{,}785$ pouces. C'est-à-dire, que le même air qui n'occupoit qu'un espace de 100 pouces cubiques, sous une pression de 28 pouces 6 lignes de mercure, en occuperoit un de 101,786 pouces, à la pression de 28. Il n'est pas plus difficile de conclure le poids des mêmes 100 pouces d'air, sous une pression de 28 pouces 6 lignes. Car puisqu'ils répondent à 101,786 pouces, à la pression de 28 pouces, et qu'à cette pression et à 10 degrés du thermomètre, le pouce cube de gaz oxygène pèse un demi-grain ; il s'ensuit évidemment que les 100 pouces, sous une pression de 28 pouces 6 lignes, pèsent 50,893 grains. On auroit pu arriver directement à cette conséquence par le raisonnement qui suit : puisque les volumes de l'air, et en général d'un fluide élastique quelconque, sont en raison inverse des poids qui le compriment, il en résulte par une conséquence nécessaire que la pesanteur de ce même air doit croître proportionnellement au poids comprimant. Si donc, 100 pouces cubiques de gaz oxygène pèsent 50 grains, à la

pression de 28 pouces, combien peseront ils à la pression de 28,5 pouces, on aura alors cette proportion, 28 : 50 :: 28,5 x : d'où l'on conclura également $x = 50,893$ grains.

Je passe à un cas un peu plus compliqué. Je suppose que la cloche A, *pl. XII*, *fig.* 18, contienne un gaz quelconque dans sa partie supérieure A C D ; que le reste de cette même cloche soit rempli de mercure au-dessous de C D, et que le tout soit plongé dans un bassin G H I K contenant du mercure jusqu'en E F. Enfin je suppose encore que la différence C E de la hauteur du mercure dans la cloche et dans le bassin soit de 6 pouces, et que la hauteur du baromètre soit de 27 pouces 6 lignes. Il est clair que d'après ces données, l'air contenu dans la capacité A C D est pressé par le poids de l'atmosphère, diminué du poids de la colonne de mercure C E. La force qui le presse est donc égale à 27,5 pouces — 6 pouces = 21,5 pouces. Cet air est donc moins pressé que ne l'est l'air de l'atmosphère à la hauteur moyenne du baromètre ; il occupe donc plus d'espace qu'il n'en devroit occuper, et la différence est précisément proportionnelle à la différence des poids qui le compriment. Si donc après avoir mesuré l'espace A B C, on l'a trouvé, par exemple, de 120 pouces cubiques,

il faudra, pour ramener le volume du gaz à celui qu'il occuperoit à une pression de 28 pouces, faire la proportion suivante : 120 pouces est au volume cherché que j'appellerai x, comme

$\frac{1}{21,5}$ est à $\frac{1}{28}$; d'où l'on déduira $x = \frac{120 \times 21.5}{28} = 92,143$ pouces.

On a le choix dans ces sortes de calculs, ou de réduire en lignes la hauteur du baromètre, ainsi que la différence du niveau du mercure en-dedans et en-dehors de la cloche, ou de l'exprimer en fractions décimales de pouces. Je préfère ce dernier parti, qui rend le calcul plus court et plus facile. On ne doit point négliger les méthodes d'abréviations pour les opérations qui se répètent souvent : j'ai joint en conséquence à la suite de cette troisième partie, sous le N°. IV, une table qui exprime les fractions décimales de pouces correspondantes aux lignes et fractions de lignes. Rien ne sera plus aisé, d'après cette table, que ce réduire en fractions décimales de pouces les hauteurs du mercure qu'on aura observées en lignes.

On a des corrections semblables à faire lorsqu'on opère dans l'appareil pneumato chimique à l'eau. Il faut également, pour obtenir des résultats rigoureux, tenir compte de la diffé-

rence de hauteur de l'eau en-dehors et en-dedans de la cloche. Mais, comme c'est en pouces et lignes du baromètre, et par conséquent en pouces et lignes de mercure, que s'exprime la pression de l'atmosphère, et qu'on ne peut additionner ensemble que des quantités homogènes, on est obligé de réduire les différences du niveau exprimé en pouces et lignes d'eau, en une hauteur équivalente de mercure. On part, pour cette conversion, de cette donnée, que le mercure est 13,5681 fois aussi pesant que l'eau. On trouve à la fin de cet Ouvrage sous le N°. V, une table à l'aide de laquelle on peut faire promptement et facilement cette réduction.

VI.

Des corrections relatives aux différens degrés du Thermomètre.

De même que pour avoir le poids de l'air et des gaz, il est nécessaire de les réduire à une pression constante, telle que celle de 28 pouces de mercure; de même aussi il est nécessaire de les réduire à une température déterminée : car puisque les fluides élastiques sont susceptibles de se dilater par la chaleur et de se condenser par le froid, il en résulte nécessairement qu'ils changent de densité, et que

leur pesanteur n'est plus la même sous un volume donné. La température de 10 degrés étant moyenne entre les chaleurs de l'été et les froids de l'hiver, cette température étant celle des souterrains, et celle en même temps dont il est le plus facile de se rapprocher dans presque toutes les saisons de l'année, c'est celle que j'ai choisie pour y ramener les airs ou gaz.

M. de Luc a trouvé que l'air de l'atmosphère augmentoit de $\frac{1}{215}$ de son volume par chaque degré du thermomètre à mercure divisé en 81 degrés de la glace à l'eau bouillante ; ce qui donne pour un degré du thermomètre à mercure divisé en 80 parties, $\frac{1}{211}$. Les expériences de M. Monge sembleroient annoncer que le gaz hydrogène est susceptible d'une dilatation un peu plus forte ; il l'a trouvée de $\frac{1}{180}$. A l'égard de la dilatation des autres gaz, nous n'avons pas encore d'expériences très-exactes ; celles du moins qui existent n'ont pas été publiées. Il paroît cependant, à en juger par les tentatives que l'on connoît, que leur dilatabilité s'éloigne peu de celle de l'air commun. Je crois donc pouvoir supposer que l'air de l'atmosphère se dilate de $\frac{1}{210}$ par chaque degré du thermomètre, et le gaz hydrogène de $\frac{1}{190}$: mais comme il reste quelque incertitude sur ces déterminations, il faut, autant qu'il est possible, n'opérer

qu'à une température peu éloignée de 10 degrés. Les erreurs qu'on peut alors commettre dans des corrections relatives au degré du thermomètre, ne sont d'aucune conséquence.

Le calcul à faire pour ces corrections est extrêmement facile; il consiste à diviser le volume de l'air obtenu par 210, et à multiplier le nombre trouvé par celui des degrés du thermomètre supérieur ou inférieur à dix degrés. Cette correction est négative au-dessus de dix degrés, et additive au dessous. Le résultat qu'on obtient est le volume réel de l'air à la température de dix degrés.

On abrège et on facilite beaucoup tous ces calculs, en employant des tables de logarithmes.

§ VII.

Modèle de calcul pour les Corrections relatives au degré de pression et température.

Maintenant que j'ai indiqué la manière de déterminer le volume des airs ou gaz et de faire à ce volume les corrections relatives à la pression et à la température, il me reste à donner un exemple pris dans un cas compliqué, afin de mieux faire sentir l'usage des tables qui se trouvent à la fin de cet Ouvrage.

Exemple.

On a renfermé dans une cloche A, *pl. IV*, *figure* 3, une quantité d'air A E F, qui s'est trouvée occuper un volume de 353 pouces cubiques. Cet air étoit contenu par de l'eau, et la hauteur EL de la colonne d'eau dans l'intérieur de la cloche étoit de 4 pouces et demi au-dessus du niveau de celle de la cuve ; enfin le baromètre étoit à 27 pouces 9 lignes et demie, et le thermomètre à 15 degrés.

On a brûlé dans cet air une substance quelconque, tel que du phosphore, dont le résultat est l'acide phosphorique qui, loin d'être dans l'état de gaz, est au contraire dans l'état concret. L'air restant après la combustion occupoit un volume de 295 pouces ; la hauteur de l'eau dans l'intérieur de la cloche, étoit de 7 pouces au-dessus de celle de la cuve, le baromètre à 27 pouces 9 lignes $\frac{1}{4}$, et le thermomètre à 16 degrés.

Il est question, d'après ces données, de déterminer quel est le volume de l'air avant et après la combustion, et d'en conclure le volume de la partie qui a été absorbée.

Calcul avant la combustion.

L'air contenu dans la cloche occupoit un volume de 353 pouces.

Mais il n'étoit pressé que par une colonne de 27 pouces 9 lignes $\frac{1}{2}$, ou en fractions décimales de pouces; (*voyez* table, N°. IV.) de . . . . . 27,79167 pouces.

Sur quoi il y a encore à déduire la différence de niveau de 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'eau; ce qui répond en mercure (*voyez* la table, N°. V.) à 0,33166

La pression réelle dont cet air étoit chargé, n'étoit donc que de 27,46001

Le volume des fluides élastiques diminuant en général en raison inverse des poids qui les compriment, il est clair, d'après ce que nous avons dit plus haut, que pour avoir le volume des 353 pouces sous une pression de 28 pouces, il faudra dire :

$$353^{\text{pouces}} : x :: \frac{1}{27,40001} : \frac{1}{28}$$

D'où l'on conclura :

$x = \frac{353 \times 27,46001}{28} = 346,192$ pouces. C'est le volume qu'auroit occupé ce même air sous une pression de vingt-huit pouces. Le 210e de ce volume égale 1,650 pouces; ce qui donne pour les 5 degrés supérieurs au dixième degré du

thermomètre, 8,255 pouces; et comme cette correction est soustractive, on en conclura que le volume de l'air, toute correction faite, étoit avant la combustion de 337,942 pouces.

Calcul après la combustion.

En faisant le même calcul sur le volume de l'air après la combustion, on trouvera que la pression étoit alors de 27,77083 pouces — 0,51593 pouces = 27,25490 pouces. Ainsi, pour avoir le volume de l'air à 28 pouces de pression, il faudra multiplier 295 pouces, volume trouvé après la combustion, par 27,25490 pouces, et le diviser par 28; ce qui donnera pour le volume corrigé, 287,150 pouces.

Le 210e de ce volume est 1,368 pouces, qui multiplié par six degrés, donne pour correction négative de la température, 8,208 pouces.

D'où il résulte que le volume de l'air, toutes corrections faites, étoit après la combustion de 278,942 pouces.

Résultat.

Le volume, toutes corrections faites, avant la combustion étoit de. . . . . 337,942 pouces.

Il étoit après la combustion de. 278,942

Donc quantité d'air absorbé par la combustion du phosphore. . . 59,000

§ VIII.

De la manière de déterminer le poids absolu des différens Gaz.

Dans tout ce que je viens d'exposer sur la manière de mesurer le volume des gaz et d'y faire les corrections relatives au degré de pression et de température, j'ai supposé qu'on en connoissoit la pesanteur spécifique, et qu'on pouvoit en conclure leur poids absolu : il me reste à donner une idée des moyens par lesquels on peut parvenir à cette connoissance.

On a un grand ballon A, *planche V*, *figure* 10, dont la capacité doit être d'un demi-pied cube, c'est-à-dire de 17 à 18 pintes au moins; on y mastique une vitole de cuivre *b c d e*, à laquelle s'adapte à vis en *d e*, une platine à laquelle tient un robinet *f g*. Enfin le tout se visse, au moyen d'un double écrou représenté, *figure* 12, sur une cloche B C D, dont la capacité doit être de quelques pintes plus grandes que celles du ballon. Cette cloche est ouverte par le haut, et sa tubulure est garnie d'une virole de cuivre *h i*, et d'un robinet *l m*; un de ces robinets est représenté séparément, *figure* 11.

La première opération à faire est de déterminer la capacité de ce ballon; on y parvient

en l'emplissant d'eau, et en le pesant pour en connoître la quantité. Ensuite on vide l'eau, et on sèche le ballon en y introduisant un linge par l'ouverture *d e*; les derniers vestiges d'humidité disparoissent d'ailleurs, lorsqu'on a fait une ou deux fois le vide dans le ballon.

Quand on veut déterminer la pesanteur d'un gaz, on visse le ballon A sur la platine de la machine pneumatique, au dessous du robinet *f g*. On ouvre ce même robinet, et on fait le vide du mieux qu'il est possible, ayant grand soin d'observer la hauteur à laquelle descend le baromètre d'épreuve. Le vide fait, on referme le robinet, on pèse le ballon avec une scrupuleuse exactitude, après quoi on le revisse sur la cloche B C D, qu'on suppose placée sur la tablette de la cuve A B C D, *même planche*, *figure* 1. On fait passer dans cette cloche le gaz qu'on veut peser; puis ouvrant le robinet *f g* et le robinet *l m*, le gaz contenu dans la cloche passe dans le ballon A : en même tems l'eau remonte dans la cloche B C D. Il est nécessaire, si l'on veut éviter une correction embarrassante, d'enfoncer la cloche dans la cuve jusqu'à ce que le niveau de l'eau extérieure concoure avec celui de l'eau contenue dans l'intérieur de la cloche : alors on ferme les robinets, on dévisse le

ballon et on le repèse. Le poids, déduction faite de celui du ballon vide, donne la pesanteur du volume d'air ou de gaz qu'il contient. En multipliant ce poids par 1728 pouces, et divisant le produit par un nombre de pouces cubes égal à la capacité du ballon, on a le poids du pied cube du gaz mis en expérience.

Il est nécessaire de tenir compte dans ces déterminations de la hauteur du baromètre et du degré du thermomètre; après quoi rien n'est plus aisé que de ramener le poids du pied cube qu'on a trouvé à celui qu'auroit eu le même gaz à 28 pouces de pression et à 10 degrés du thermomètre. J'ai donné dans le paragraphe précédent le détail des calculs qu'exige cette opération.

Il ne faut pas négliger non plus de tenir compte de la petite portion d'air restée dans le ballon, quand on a fait le vide; portion qu'il est facile d'évaluer, d'après la hauteur à laquelle s'est soutenu le baromètre d'épreuve. Si cette hauteur étoit, par exemple, d'un centième de la hauteur totale du baromètre, il en faudroit conclure qu'il est resté un centième d'air dans le ballon, et le volume du gaz qui y avoit été introduit ne seroit plus que des $\frac{99}{100}$ du volume total du ballon.

CHAPITRE

CHAPITRE III.

Des Appareils relatifs à la mesure du Calorique.

Description du Calorimètre.

L'APPAREIL dont je vais essayer de donner une idée a été décrit dans un mémoire que nous avons publié, M. de la Place et moi, dans le recueil de l'Académie, année 1780, page 355. C'est de ce mémoire que sera extrait tout ce que contient cet article.

Si après avoir réfroidi un corps quelconque à zéro du thermomètre, on l'expose dans une atmosphère, dont la température soit de 25 degrés au-dessus du terme de la congellation, il s'échauffera insensiblement depuis sa surface jusqu'à son centre et se rapprochera peu-à-peu de la température de 25 degrés qui est celle du fluide environnant.

Il n'en sera pas de même d'une masse de glace qu'on auroit placée dans la même atmosphère; elle ne se rapprochera nullement de la

température de l'air ambiant, mais elle restera constamment à zéro de température, c'est-à-dire, à la glace fondante, et ce, jusqu'à ce que le dernier atôme de glace soit fondu.

La raison de ce phénomène est facile à concevoir : il faut pour fondre de la glace, et pour la convertir en eau, qu'il s'y combine une certaine proportion de calorique. En conséquence, tout le calorique des corps environnans s'arrête à la surface de la glace où il est employé à la fondre : cette première couche fondue, la nouvelle quantité de calorique qui survient en fond une seconde, et elle se combine également avec elle pour la convertir en eau, et ainsi successivement de surfaces en surfaces, jusqu'au dernier atôme de glace qui sera encore à zéro du thermomètre, parce que le calorique n'aura pas encore pu y pénétrer.

Que l'on imagine d'après cela une sphère de glace creuse, à la température de zéro, degré du thermomètre ; que l'on place cette sphère de glace dans une atmosphère, dont la température soit, par exémple, de 10 degrés au-dessus de la congellation, et qu'on place dans son intérieur un corps échauffé d'un nombre de degrés quelconques : il suit de ce qu'on vient d'exposer deux conséquences ; 1°. que la chaleur extérieure ne pénétrera pas dans

l'intérieur de la sphère ; 2°. que la chaleur d'un corps placé dans son intérieur ne se perdra pas non plus au-dehors ; mais qu'elle s'arrêtera à la surface intérieure de la cavité, où elle sera continuellement employée à fondre de nouvelles couches de glace, jusqu'à ce que la température du corps soit parvenue à zéro du thermomètre.

Si on recueille avec soin l'eau qui se sera formée dans l'intérieur de la sphère de glace, lorsque la température du corps placé dans son intérieur sera parvenue à zéro du thermomètre, son poids sera exactement proportionnel à la quantité de calorique que ce corps aura perdue, en passant de sa température primitive à celle de la glace fondante ; car il est clair qu'une quantité double de calorique doit fondre une quantité double de glace ; en sorte que la quantité de glace fondue est une mesure très-précise de la quantité de calorique employée à produire cet effet.

On n'a considéré ce qui se passoit dans une sphère de glace que pour mieux faire entendre la méthode que nous avons employée dans ce genre d'expériences, dont la première idée appartient à M. de la Place. Il seroit difficile de se procurer de semblables sphères, et elles auroient beaucoup d'inconvéniens dans la prati-

que ; mais nous y avons suppléé au moyen de l'appareil suivant, auquel je donnerai le nom de calorimètre. Je conviens que c'est s'exposer à une critique, jusqu'à un certain point fondée, que de réunir ainsi deux dénominations, l'une dérivée du latin, l'autre dérivée du grec ; mais j'ai cru qu'en matière de science on pouvoit se permettre moins de pureté dans le langage, pour obtenir plus de clarté dans les idées ; et en effet je n'aurois pu employer un mot composé entièrement tiré du grec, sans trop me rapprocher du nom d'autres instrumens connus, et qui ont un usage et un but tout différent.

La figure première de la planche VI représente le calorimètre vu en perspective. La figure 2 de la même planche représente sa coupe horisontale, et la figure 3 une coupe verticale qui laisse voir tout son intérieur. Sa capacité est divisée en trois parties ; pour mieux me faire entendre, je les distinguerai par les noms de *capacité intérieure*, *capacité moyenne*, *et capacité extérieure*. La capacité intérieure *f f f f*, *fig.* 3, *pl. VI*, est formée d'un grillage de fil de fer, soutenu par quelques montans du même métal : c'est dans cette capacité que l'on place les corps soumis à l'expérience : sa partie supérieure L M se ferme au moyen d'un couvercle G H représenté séparé-

ment, *fig.* 4. Il est entièrement ouvert par-dessus, et le dessous est formé d'un grillage de fil de fer.

La capacité moyenne *b b b b b*, *fig.* 2 et 3, est destinée à contenir la glace qui doit environner la capacité intérieure, et que doit fondre le calorique du corps mis en expérience : cette glace est supportée et retenue par une grille *m m* sous laquelle est un tamis *n n*; l'un et l'autre sont représentés séparément, *figures* 5 *et* 6. A mesure que la glace est fondue par le calorique qui se dégage du corps placé dans la capacité intérieure, l'eau coule à travers la grille et le tamis ; elle tombe ensuite le long du cône *c c d*, *figure* 3, et du tuyau *x y*, et se rassemble dans le vase F, *figure* 1, placé au-dessous de la machine ; *u* est un robinet au moyen duquel on peut arrêter à volonté l'écoulement de l'eau intérieure. Enfin la capacité extérieure *a a a a a*, *figures* 2 *et* 3, est destinée à recevoir la glace qui doit arrêter l'effet de la chaleur de l'air extérieur et des corps environnans : l'eau que produit la fonte de cette glace, coule le long du tuyau *s* T que l'on peut ouvrir ou fermer au moyen du robinet *r*. Toute la machine est reconverte par le couvercle F F, *figure* 7, entièrement ouvert dans sa partie supérieure, et fermé dans sa partie inférieure ;

elle est composée de fer-blanc peint à l'huile pour le garantir de la rouille.

Pour mettre le calorimètre en expérience, on remplit de glace pilée la capacité moyenne *b b b b b*, et le couvercle G H de la capacité intérieure, la capacité extérieure *a a a a*, et le couvercle F F, *figure* 7, de toute la machine. On la presse fortement pour qu'il ne reste point de parties vides, puis on laisse égoutter la glace intérieure; après quoi on ouvre la machine pour y placer le corps que l'on veut mettre en expérience, et on la referme sur-le-champ. On attend que le corps soit entièrement réfroidi, et que la glace qui a fondu soit suffisamment égouttée; ensuite on pèse l'eau qui s'est rassemblée dans le vase F, *figure* 1 : son poids est une mesure exacte de la quantité de calorique dégagée du corps, pendant qu'il s'est réfroidi; car il est visible que ce corps est dans la même position qu'au centre de la sphère dont nous venons de parler, puisque tout le calorique qui s'en dégage est arrêté par la glace intérieure, et que cette glace est garantie de l'impression de toute autre chaleur, par la glace renfermée dans le couvercle et dans la capacité extérieure.

Les expériences de ce genre durent quinze, dix-huit et vingt heures; quelquefois pour les accélérer, on place de la glace bien égouttée

dans la capacité intérieure, et on en couvre les corps que l'on veut réfroidir.

La figure 8 représente un seau de tôle destiné à recevoir les corps sur lesquels on veut opérer; il est garni d'un couvercle percé dans son milieu, et fermé avec un bouchon de liége, traversé par le tube d'un petit thermomètre.

La figure 9 de la même planche représente un matras de verre dont le bouchon est également traversé par le tube d'un petit thermomètre, dont la boule et une partie du tube plonge dans la liqueur; il faut se servir de semblables matras toutes les fois que l'on opère sur les acides, et en général sur les substances qui peuvent avoir quelque action sur les métaux.

R S, *figure* 10, est un petit cylindre creux que l'on place au fond de la capacité intérieure pour soutenir les matras.

Il est essentiel que dans cette machine, il n'y ait aucune communication entre la capacité moyenne et la capacité extérieure, ce que l'on éprouvera facilement en remplissant d'eau la capacité extérieure. S'il existoit une communication entre ces capacités, la glace fondue par l'atmosphère dont la chaleur agit sur l'enveloppe de la capacité extérieure, pourroit passer dans la capacité moyenne, et alors l'eau qui s'écouleroit de cette dernière capacité, ne

seroit plus la mesure du calorique perdu par le corps mis en expérience.

Lorsque la température de l'atmosphère n'est que de quelques degrés au-dessus de zéro, sa chaleur ne peut parvenir que très-difficilement jusque dans la capacité moyenne, puisqu'elle est arrêtée par la glace du couvercle et de la capacité extérieure ; mais si la température extérieure étoit au-dessous de zéro, l'atmosphère pourroit réfroidir la glace intérieure ; il est donc essentiel d'opérer dans une atmosphère dont la température ne soit pas au dessous de zéro : ainsi dans un tems de gelée, il faudra renfermer la machine dans un appartement dont on aura soin d'échauffer l'intérieur. Il est encore nécessaire que la glace dont on fait usage, ne soit pas au-dessous de zéro ; si elle étoit dans ce cas, il faudroit la piler, l'étendre par couches fort minces, et la tenir ainsi pendant quelque tems dans un lieu dont la température fût au-dessus de zéro.

La glace intérieure retient toujours une petite quantité d'eau qui adhère à sa surface, et l'on pourroit croire que cette eau doit entrer dans le résultat des expériences : mais il faut observer qu'au commencement de chaque expérience, la glace est déjà imbibée de toute la quantité d'eau qu'elle peut ainsi retenir ; en

sorte que si une petite partie de la glace fondue par le corps, reste adhérente à la glace intérieure, la même quantité, à très-peu près, d'eau primitivement adhérente à la surface de la glace, doit s'en détacher et couler dans le vase : car la surface de la glace intérieure change extrêmement peu dans l'expérience.

Quelques précautions que nous ayons prises, il nous a été impossible d'empêcher l'air extérieur de pénétrer dans la capacité intérieure, lorsque la température étoit à 9 ou 10 degrés au-dessus de la congellation. L'air renfermé dans cette capacité étant alors spécifiquement plus pesant que l'air extérieur, il s'écoule par le tuyau *x y*, *figure* 3, et il est remplacé par l'air extérieur qui entre dans le calorimètre, et qui dépose une partie de son calorique sur la glace intérieure ; il s'établit ainsi dans la machine un courant d'air d'autant plus rapide, que la température extérieure est plus élevée, ce qui fond continuellement une portion de la glace intérieure ; on peut arrêter en grande partie l'effet de ce courant, en fermant le robinet ; mais il vaut beaucoup mieux n'opérer que lorsque la tempétature extérieure ne surpasse pas 3 ou 4 degrés ; car nous avons observé qu'alors la fonte de la glace intérieure, occasionnée par l'atmosphère, est insensible,

en sorte que nous pouvons, à cette température, répondre de l'exactitude de nos expériences sur les chaleurs spécifiques des corps, à un quarantième près.

Nous avons fait construire deux machines pareilles à celle que je viens de décrire; l'une d'elles est destinée aux expériences, dans lesquelles il n'est pas nécessaire de renouveller l'air intérieur; l'autre machine sert aux expériences dans lesquelles le renouvellement de l'air est indispensable, telles que celles de la combustion et de la respiration : cette seconde machine ne diffère de la première, qu'en ce que les deux couvercles sont percés de deux trous à travers lesquels passent deux petits tuyaux qui servent de communication entre l'air intérieur et l'air extérieur; on peut par leur moyen souffler de l'air atmosphérique dans l'intérieur du calorimètre pour y en entretenir des combustions.

Rien n'est plus simple avec cet instrument que de déterminer les phénomènes qui ont lieu dans les opérations où il y a dégagement, ou même absorption de calorique. Veut-on, par exemple, connoître ce qui se dégage de calorique d'un corps solide, lorsqu'il se réfroidit d'un certain nombre de degrés? On élève sa température à 80 degrés, par exemple, puis

on le place dans la capacité intérieure *ffff*, du calorimètre, *figures* 2 *et* 3, *planche VI*, et on l'y laisse assez long-tems pour être assuré que sa température est revenue à zéro du thermomètre : on recueille l'eau qui a été produite par la force de la glace, pendant son réfroidissement ; cette quantité d'eau divisée par le produit de la masse du corps et du nombre de degrés dont sa température primitive étoit au-dessus de zéro, sera proportionnelle à ce que les physiciens anglais ont nommé *chaleur spécifique*.

Quant aux fluides, on les renferme dans des vases de matière quelconque, dont on a préalablement déterminé la chaleur spécifique : on opère ensuite de la même manière que pour les solides, en observant seulement de déduire de la quantité totale d'eau qui a coulé, celle due au réfroidissement du vase qui contenoit le fluide.

Veut-on connoître la quantité de calorique qui se dégage de la combinaison de plusieurs substances ? on les amenera toutes à la température zéro, en les tenant un tems suffisant dans de la glace pilée ; ensuite on en fera le mélange dans l'intérieur du calorimètre, dans un vase également à zéro, et on aura soin de les y conserver jusqu'à ce qu'elles soient

revenues à la température zéro ; la quantité d'eau recueillie sera la mesure du calorique qui se sera dégagé par l'effet de la combinaison.

La détermination des quantités de calorique qui se dégagent dans les combustions et dans la respiration des animaux, n'offre pas plus de difficulté : on brûle les corps combustibles dans la capacité intérieure du calorimètre ; on y laisse respirer des animaux, tels que des cochons d'inde qui résistent assez bien au froid, et on recueille l'eau qui coule ; mais comme le renouvellement de l'air est indispensable dans ce genre d'opérations, il est nécessaire de faie arriver continuellement de nouvel air dans l'intérieur du calorimètre par un petit tuyau destiné à cet objet, et de le faire ressortir par un autre tuyau : mais pour que l'introduction de cet air ne cause aucune erreur dans les résultats, on fait passer le tuyau qui doit l'amener à travers de la glace pilée, afin qu'il arrive dans le calorimètre, à la température zéro. Le tuyau de sortie de l'air doit également traverser de la glace pilée, mais cette dernière portion de glace doit être comprise dans l'intérieur de la capacité *ffff* du calorimètre, et l'eau qui en découle doit faire partie de celle que l'on recueille, parce

que le calorique que contenoit l'air avant de sortir fait partie du produit de l'expérience.

La recherche de la quantité de calorique spécifique contenue dans les différens gaz, est un peu plus difficile à cause de leur peu de densité; car si on se contentoit de les renfermer dans des vases comme les autres fluides, la quantité de glace fondue seroit si peu considérable que le résultat de l'expérience seroit au moins très incertain. Nous avons employé pour ce genre d'expériences deux espèces de serpentins ou tuyaux métalliques roulés en spirales. Le premier contenu dans un vase rempli d'eau bouillante servoit à échauffer l'air avant qu'il parvînt au calorimètre; le second étoit renfermé dans la capacité intérieure *ffff* de cet instrument. Un thermomètre adapté à une des extrémités de ce dernier serpentin, indiquoit la chaleur de l'air ou de gaz qui entroit dans la machine; un thermomètre adapté à l'autre extrémité du même serpentin indiquoit la chaleur du gaz ou de l'air à sa sortie. Nous avons été ainsi à portée de déterminer ce qu'une masse quelconque de différens airs ou gaz fondoit de glace en se réfroidissant d'un certain nombre de degrés, et d'en déterminer le calorique spécifique. Le même procédé, avec quelques précautions particulières, peut être

employé pour connoître la quantité de calorique qui se dégage dans la condensation des vapeurs de différens liquides.

Les différentes expériences que l'on peut faire avec le calorimètre, ne conduisent point à des résultats absolus ; elles ne donnent que des quantités relatives : il étoit question de choisir une unité qui pût former le premier degré d'une échelle avec laquelle on pût exprimer tous les autres résultats. La quantité de calorique nécessaire pour fondre une livre de glace, nous a fourni cette unité : or pour fondre une livre de glace, il faut une livre d'eau élevée à 60 degrés de thermomètre à mercure divisé en 80 parties, de la glace à l'eau bouillante ; la quantité de calorique qu'exprime notre unité, est donc celle nécessaire pour élever l'eau de zéro à 60 degrés.

Cette unité déterminée, il n'est plus question que d'exprimer en valeurs analogues les quantités de calorique qui se dégagent des différens corps, en se réfroidissant, d'un certain nombre de degrés, et voici le calcul simple par le moyen duquel on y parvient : je l'applique à une de nos premières expériences.

Nous avons pris des morceaux de tôle coupée par bandes et roulés, qui pesoient ensemble 7 liv. 11 onces 2 gros 36 grains, c'est-à-dire, en

fractions décimales de livres, 7, ^{livres} 7070319. Nous avons échauffé cette masse dans un bain d'eau bouillante, dans laquelle elle a pris environ 78 degrés de chaleur; et l'ayant tirée de l'eau prestement, nous l'avons introduite dans la capacité intérieure du calorimètre. Au bout de onze heures, lorsque l'eau produite par la fonte de la glace intérieure a été suffisamment égouttée, la quantité s'en est trouvée de 1 livre 1 once 5 gros 4 grains $=$ ^{livre} 1,109795. Maintenant je puis dire si le calorique dégagé de la tôle par un réfroidissement de 78 degrés, a fondu ^{livre} 1,109795 de glace, combien un réfroidissement de 60 degrés auroit-il produit; ce qui donne 78 : 1,109795 : : 60 : x $=$ ^{livre} 0,85369. Enfin divisant cette quantité par le nombre de livres de tôle employée, c'est-à-dire par ^{livres} 7.7070319, on aura pour la quantité de glace que pourra faire fondre 1 livre de tôle en se réfroidissant de 60 degrés à zéro, ^{livre} 0,110770. Le même calcul s'applique à tous les corps solides.

A l'égard des fluides, tels que l'acide sulfurique, l'acide nitrique, etc., on les renferme dans un matras représenté *pl. VI, fig.* 9. Il est bouché avec un bouchon de liége traversé par

un thermomètre dont la boule plonge dans la liqueur. On place ce vaisseau dans un bain d'eau bouillante ; et lorsque d'après le thermomètre on juge que la liqueur est élevée à un degré de chaleur convenable, on retire le matras et on le place dans le calorimètre. On fait le calcul comme ci-dessus, en ayant soin cependant de déduire de la quantité d'eau obtenue, celle que le vase de verre auroit seul produite, et qu'il est en conséquence nécessaire d'avoir déterminée par une expérience préalable. Je ne donne point ici le tableau des résultats que nous avons obtenus, parce qu'il n'est pas encore assez complet, et que différentes circonstances ont suspendu la suite de ce travail. Nous ne le perdons cependant pas de vue, et il n'y a point d'hiver que nous ne nous en soyons plus ou moins occupés.

CHAPITRE

CHAPITRE IV.

Des opérations purement mécaniques qui ont pour objet de diviser les corps.

PARAGRAPHE Ier.

De la Trituration, de la Porphyrisation, et de la Pulvérisation.

LA trituration, la porphyrisation et la pulvérisation ne sont, à proprement parler, que des opérations mécaniques préliminaires, dont l'objet est de diviser, de séparer les molécules des corps, et de les réduire en particules très-fines. Mais quelque loin qu'on puisse porter ces opérations, elles ne peuvent jamais résoudre un corps en ses molécules primitives et élémentaires : elles ne rompent pas même, à proprement parler, son aggrégation ; en sorte que chaque molécule après la tritutation et la porphyrisation, forme encore un tout semblable à la masse originaire qu'on avoit eu pour objet de diviser, à la différence des opérations vraiment chimiques, telles, par exemple, que la dissolution qui détruit l'aggrégation du corps,

et écarte les unes des autres les molécules constitutives et intégrantes qui le composent.

Toutes les fois qu'il est question de diviser des corps fragiles et cassans, on se sert pour cette opération de mortiers et de pilons *fig.* 1, 2, 3, 4 *et* 5, *pl. I.* Ces mortiers sont ou de fonte de cuivre et de fer comme celui représenté, *fig.* 1; ou de marbre et de granit, comme celui représenté, *fig.* 2; ou de bois de gayac, comme celui représenté, *figure* 3; ou de verre, comme celui représenté, *figure* 4; ou d'agathe, comme celui représenté, *fig.* 5: enfin on en fait aussi de porcelaine, comme celui représenté, *fig.* 6. Les pilons dont on se sert pour triturer les corps sont aussi de différentes matières. Ils sont de fer ou de cuivre forgé, comme dans la figure première; de bois, comme dans les figures 2 et 3, enfin de verre, de porcelaine ou d'agathe, suivant la nature des objets qu'on veut triturer. Il est nécessaire d'avoir, dans un laboratoire, un assortiment de ces instrumens de différentes grandeurs. Les mortiers de porcelaine, et sur-tout ceux de verre, ne peuvent pas être employés à la trituration proprement dite, et ils seroient bientôt en pièces si on frappoit dedans, sans précaution, à coups redoublés. C'est en tournant le pilon dans le mortier, en froissant avec adresse

et dextérité les molécules entre le pilon et les parois du mortier qu'on parvient à opérer la division.

La forme des mortiers n'est point indifférente; le fond en doit être arrondi, et l'inclinaison des parois latérales doit être telle que les matières en poudre retombent d'elles-mêmes quand on relève le pilon : un mortier trop plat seroit donc défectueux, la matière ne retomberoit et ne se retourneroit pas. Des parois trop inclinées présenteroient un autre inconvénient, elles rameneroient une trop grande quantité de la matière à pulvériser sous le pilon, elle ne seroit plus alors froissée et serrée entre deux corps durs, et la trop grande épaisseur interposée nuiroit à la pulvérisation.

Par une suite du même principe, il ne faut pas mettre dans le mortier une trop grande quantité de matière; il faut sur-tout, autant qu'on le peut, se débarrasser de tems-en-tems des molécules qui sont déjà pulvérisées, et c'est ce qu'on opère par le tamisage, autre opération dont il va être bientôt question. Sans cette précaution on emploieroit une force inutile, et on perdroit du tems à diviser davantage ce qui l'étoit suffisamment, tandis qu'on n'acheveroit pas de pulvériser ce qui ne l'est pas assez. En effet, la portion de matière divisée nuit à la

trituration de celle qui ne l'est pas ; elle s'interpose entre le pilon et le mortier, et amortit l'effet du coup.

La porphyrisation a reçu sa dénomination du nom de la matière sur laquelle elle s'opère. Le plus communément on a une table plate de porphyre ou d'une autre pierre du même degré de dureté A B C D, *planche I, fig. 7*, sur laquelle on étend la matière qu'on se propose de diviser ; on la froisse ensuite et on la broye en promenant sur le porphyre une molette M, d'une pierre du même degré de dureté. La partie de la molette qui porte sur le porphyre, ne doit pas être parfaitement plane : sa surface doit être une portion de sphère d'un très-grand rayon ; autrement quand on promeneroit la molette sur le porphyre, la matière se rangeroit tout autour du cercle qu'elle auroit décrit, sans qu'aucune portion s'engageât entre deux, et il n'y auroit pas de porphyrisation. On est par la même raison obligé de faire retailler de tems en-tems les molettes, qui tendent à devenir planes, à mesure qu'on s'en sert. L'effet de la molette étant d'écarter continuellement la matière et de la porter vers les extrémités de la table de porphyre, on est obligé de la ramener souvent et de l'accumuler au centre : on se sert à cet effet d'un couteau de

fer, de corne ou d'ivoire, dont la lame doit être très-mince.

Dans les travaux en grand on préfère, pour opérer le broyement, l'usage de grandes meules de pierres dures qui tourneut l'une sur l'autre, ou bien d'une meule verticale qui roule sur une meule horisontale. Dans tous ces cas, on est souvent obligé d'humecter légèrement la matière, dans la crainte qu'elle ne s'élève en poussière.

Ces trois manières de réduire les corps en poudre, ne conviennent pas à toutes les matières : il en est qu'on ne peut parvenir à diviser, ni au pilon, ni au porphyre, ni à la meule ; telles sont les matières très-fibreuses, comme le bois ; telles sont celles qui ont une sorte de ténacité et d'élasticité, comme la corne des animaux, la gomme élastique, etc., tels sont enfin les métaux ductiles et malléables, qui s'applatissent sous le pilon au lieu de s'y réduire en poudre.

On se sert pour les bois de grosses limes connues sous le nom de rapes à bois, *pl. I, fig.* 8. On se sert pour la corne de limes un peu plus fines ; enfin on emploie pour les métaux des limes encore plus fines, telles sont celles représentées *figures* 9 *et* 10.

Il est quelques substances métalliques qui ne

sont ni assez cassantes pour être mises en poudre par trituration, ni assez dures pour pouvoir être limées commodément. Le zinc est dans ce cas; sa demi-malléabilité empêche qu'on ne puisse le pulvériser au mortier : si on le lime, il empâte la lime, il en remplit les interstices, et bientôt elle n'a presque plus d'action. Il y a une manière simple pour réduire le zinc en poudre, c'est de le piler chaud dans un mortier de fonte de fer également chaud; il s'y triture alors aisément. On peut encore le rendre cassant, en le fondant avec un peu de mercure. Les artificiers qui emploient le zinc pour faire des feux bleus, ont recours à l'un de ces deux moyens. Quand on n'a pas pour objet de mettre les métaux dans un très-grand état de division, on peut les réduire en grenailles en les coulant dans de l'eau.

Enfin il y a un dernier moyen de diviser, qu'on emploie pour les matières à la fois pulpeuses et fibreuses, telles que les fruits, les pommes de terre, les racines, etc. On les promène sur une rape, *pl. I*, *fig.* 11, en donnant un certain degré de pression, et on parvient ainsi à les réduire en pulpe. Tout le monde connoît la rape, et il seroit superflu d'en donner une description plus étendue.

On conçoit que le choix des matières avec lesquelles on opère la trituration, n'est point indifférent : on doit bannir le cuivre de tout ce qui a rapport aux alimens, à la pharmacie, etc. Les mortiers de marbre ou ceux de matières métalliques ne peuvent être employés pour triturer les matières acides ; c'est ce qui fait que les mortiers de bois très dur, tel que le gayac et ceux de verre, de porcelaine et de granit, sont d'une grande commodité dans un laboratoire.

§ II.

Du Tamisage et du Lavage.

De quelque moyen mécanique qu'on se serve pour diviser les corps, on ne peut parvenir à donner le même degré de finesse à toutes leurs parties. La poudre qu'on obtient de la plus longue et de la plus exacte trituration, est toujours un assemblage et un mélange de molécules de différentes grosseurs. On parvient à se débarrasser des plus grossières, et à n'avoir qu'une poudre beaucoup plus homogène, en employant des tamis, *fig.* 12, 13, 14 *et* 15, *pl. I*, dont la grandeur de la maille soit proportionnée à la grosseur des molécules qu'on se propose d'obtenir : tout ce qui est supérieur en grosseur aux dimensions de la maille, reste sur le tamis, et on le repasse au pilon.

On voit deux de ces tamis représentés *fig.* 12 *et* 13. L'un, *fig.* 12, est de crin ou de soie; l'autre, *fig.* 13, est de peau dans laquelle on a fait des trous ronds avec un emporte-pièce: ce dernier est en usage dans l'art de fabriquer la poudre à canon et la poudre de chasse. Lorsqu'on est obligé de tamiser des matières très-légères, très-précieuses et qui se dispersent aisément; ou bien lorsque répandues dans l'air elles peuvent être nuisibles à ceux qui les respirent, on se sert de tamis composés de trois pièces, *fig.* 14 *et* 15; savoir d'un tamis proprement dit ABCD, *fig.* 15; d'un couvercle EF, et d'un fond G H: on voit ces trois parties assemblées, *fig.* 14.

Il est un autre moyen plus exact que le tamisage, d'obtenir des poudres de grosseur uniforme, c'est le lavage; mais il n'est praticable qu'à l'égard des matières qui ne sont point susceptibles d'être attaquées et altérées par l'eau. On délaye et on agite dans l'eau ou dans quelque autre liqueur les matières broyées qu'on veut obtenir en poudre de grosseur homogène; on laisse reposer un moment la liqueur, puis on la décante encore trouble; les parties les plus grossières restent au fond du vase. On décante une seconde fois, et on a un second dépôt moins grossier que le premier. On dé-

cante une troisième fois pour obtenir un troisième dépôt, qui est au second pour la finesse ce que le second est au premier. On continue cette manœuvre jusqu'à ce que l'eau soit éclaircie ; et la poudre grossière et inégale qu'on avoit originairement, se trouve séparée en une suite de dépôts, qui chacun en particulier, sont d'un degré de finesse à-peu-près homogène.

Le même moyen, le lavage, ne s'emploie pas seulement pour séparer les unes des autres les molécules de matières homogènes, et qui ne diffèrent que par leur degré plus ou moins grand de division ; il fournit une ressource non moins utile pour séparer des matières du même degré de finesse, mais dont la pesanteur spécifique est différente : c'est principalement dans le travail des mines qu'on fait usage de ce moyen.

On se sert pour le lavage dans les laboratoires, de vaisseaux de différentes formes, de terrines de grès, de bocaux de verre, etc., quelquefois pour décanter la liqueur sans troubler le dépôt qui s'est formé, on emploie le siphon. Cet instrument consiste en un tube de verre A B C, *pl. II*, *fig.* 11, recourbé en B, et dont la branche B C doit être plus longue de quelques pouces que celle A B. Pour n'être

point obligé de le tenir à la main, ce qui pourroit être fatiguant dans quelques expériences, on le passe dans un trou pratiqué au milieu d'une petite planche D E. L'extrémité A du siphon doit être plongée dans la liqueur du bocal F G, à la profondeur jusqu'à laquelle on se propose de vider le vase.

D'après les principes hydrostatiques sur lesquels est fondé l'effet du siphon, la liqueur ne peut y couler qu'autant qu'on a chassé l'air contenu dans son intérieur : c'est ce qui se pratique au moyen d'un petit tube de verre H I, soudé hermétiquement à la branche B C. Lors donc qu'on veut procurer par le moyen du siphon l'écoulement de la liqueur du vase F G dans celui L M, on commence par boucher avec le bout du doigt l'extrémité C de la branche B C du siphon ; puis on suce avec la bouche, jusqu'à ce qu'on ait retiré tout l'air du tube et qu'il ait été remplacé par la liqueur : alors on ôte le doigt, la liqueur coule et continue à passer du vase F G dans celui L M.

§ III.

De la Filtration.

On vient de voir que le tamisage étoit une opération par laquelle on séparoit les unes des

autres des molécules de différentes grosseurs ; que les plus fines passoient à travers le tamis, tandis que les plus grossières restoient dessus.

Le filtre n'est autre chose qu'un tamis très-fin et très-serré, à travers lequel les parties solides, quelque divisées qu'elles soient, ne peuvent passer, mais qui est cependant perméable pour les fluides ; le filtre est donc, à proprement parler, l'espèce de tamis qu'on emploie pour séparer des molécules solides qui sont très-fines, d'un fluide dont les molécules sont encore plus fines.

On se sert à cet effet, principalement en pharmacie, d'étoffes épaisses et d'un tissu très-serré : celles de laine à poils sont les plus propres à remplir cet objet. On leur donne ordinairement la forme d'un cône, *pl. II, fig.* 2 : cette espèce de filtre porte le nom de chausse qui est relatif à sa figure. La forme conique a l'avantage de réunir toute la liqueur qui coule en un seul point A, et on peut alors la recevoir dans un vase d'une ouverture très-petite ; ce qui ne pourroit pas avoir lieu, si la liqueur couloit de plusieurs points. Dans les grands laboratoires de pharmacie, on a un chassis de bois représenté *pl.* 2, *fig.* 1, dans le milieu duquel on attache la chausse.

La filtration à la chausse ne peut être appli-

quable qu'à quelques opérations de pharmacie, mais comme dans la plupart des opérations chimiques un même filtre ne peut servir qu'à une même nature d'expériences, comme il faudroit avoir un nombre de chausses considérable et les laver avec un grand soin à chaque opération, on y a substitué une étoffe très-commune, à très-bon marché, qui est à la vérité très-mince, mais qui, attendu qu'elle est feutrée, compense par le serré de son tissu ce qui pourroit lui manquer en épaisseur : cette étoffe est du papier non collé. Il n'est aucun corps solide, quelque divisé qu'il soit, qui passe à travers les pores des filtres de papier ; les fluides au contraire les traversent avec beaucoup de facilité.

Le seul embarras que présente le papier employé comme filtre, consiste dans la facilité avec laquelle il se perce et se déchire, sur-tout quand il est mouillé. On remédie à cet inconvénient, en le soutenant par le moyen de diverses espèces de doublures. Si on a des quantités considérables de matières à filtrer, on se sert d'un chassis de bois ABCD, *pl. II, fig.* 3, auquel sont adaptées des pointes de fer ou crochets : on pose ce chassis sur deux petits traiteaux, comme on le voit *fig.* 4. On place sur le carré une toile grossière, qu'on

tend médiocrement et qu'on accroche aux pointes ou crochers de fer. On étend ensuite une ou deux feuilles de papier sur la toile, et on verse dessus le mélange de mercure liquide et de matière solide dont on veut opérer la séparation. Le fluide coule dans la terrine ou autre vase quelconque F, qu'on a mis sous le filtre. Les toiles qui ont servi à cet usage, se lavent, ou bien on les renouvelle, si on a lieu de craindre que les molécules dont elles peuvent rester impregnées, ne soient nuisibles dans des opérations subséquentes.

Dans toutes les opérations ordinaires et lorsqu'on n'a qu'une médiocre quantité de liqueur à filtrer, on se sert d'entonnoirs de verre, *planche II*, *fig.* 5, pour contenir et soutenir le papier; on le plie alors de manière à former un cône de même figure que l'entonnoir. Mais alors on tombe dans un autre inconvénient; le papier, lorsqu'il est mouillé, s'applique tellement sur les parois du verre, que la liqueur ne peut couler et qu'il ne s'opère de filtration que par la pointe du cône: alors l'opération devient très-longue; les matières hétérogènes d'ailleurs que contient la liqueur étant communément plus lourdes que l'eau, elles se rassemblent à la pointe du cône de papier, elles l'obstruent, et la filtration, ou s'arrête, ou de-

vient excessivement lente. On a imaginé différens procédés pour remédier à ces inconvéniens, qui sont plus graves qu'on ne le croiroit d'abord, parce qu'ils se répètent tous les jours dans le cours des opérations chimiques. Un premier moyen a été de multiplier les plis du papier, comme on le voit *fig.* 6, afin que la liqueur, en suivant les sillons que forment les plis, pût arriver à la pointe du cône : d'autres ont joint à ce premier moyen l'usage de fragmens de paille, qu'on place et qu'on arrange dans l'entonnoir avant d'y placer le papier. Enfin, le dernier moyen employé, et qui me paroît réunir le plus d'avantages, consiste à prendre de petites bandes de verre, telles qu'on en trouve chez tous les vitriers, et qui sont connues sous le nom de rognures de verre. On les courbe par le bout à la lampe, de manière à former un crochet qui s'ajuste dans le bord supérieur de l'entonnoir, on en dispose six à huit de cette manière, avant de placer le papier. Ces bandes de verre le maintiennent à une distance suffisante des parois de l'entonnoir, pour que la filtration s'opère. La liqueur coule le long des bandes de verre, et se rassemble à la pointe du cône.

On voit quelques-unes de ces bandes représentées *fig.* 8 : on voit aussi *fig.* 7, un entonnoir

de verre garni de bandes de verre et d'un papier à filtrer.

Lorsqu'on a un grand nombre de filtrations à faire marcher à la fois, il est très-commode d'avoir une planche AB, *planche II*, *fig.* 9, soutenue par des montans de bois AC, BD, et percée de trous pour y placer les entonnoirs.

Il y a des matières très-épaisses et très-visqueuses qui ne peuvent passer à travers le papier, et qui ne peuvent être filtrées qu'après avoir subi quelques préparations. La plus ordinaire consiste à battre un blanc d'œuf, à le diviser dans ces liqueurs, et à les faire chauffer jusqu'à l'ébullition. Le blanc d'œuf se coagule, il se réduit en écume, qui vient monter à la surface et qui entraîne avec elle la plus grande partie des matières visqueuses qui s'opposoient à la filtration. On est obligé de prendre ce parti pour obtenir du petit-lait clair; autrement il seroit très-difficile de le faire passer par le filtre. On remplit le même objet à l'égard des liqueurs spiritueuses, avec un peu de colle de poisson délayée dans de l'eau : cette colle se coagule par l'action de l'alkool, sans qu'on soit obligé de faire chauffer.

On conçoit qu'une des conditions indispensables de la filtration est que le filtre ne puisse pas être attaqué et corrodé par la liquenr qui

doit y passer ; aussi ne peut-on pas filtrer les acides concentrés à travers le papier. Il est vrai qu'on est rarement obligé d'avoir recours à ce moyen, parce que la plupart des acides s'obtiennent par voie de distillation, et que les produits de la distillation sont presque toujours clairs. Si cependant dans quelques cas très rares on est forcé de filtrer des acides concentrés, on se sert alors de verre pilé, ou, ce qui est mieux encore, de morceaux de quartz ou de cristal de roche grossièrement concassés et en partie réduits en poudre. On place quelques-uns des plus gros morceaux dans le fond de l'entonnoir, pour le boucher en partie ; on met par-dessus des morceaux moins gros, qui sont maintenus par les premiers ; enfin les portions les plus divisées doivent occupper le dessus : on remplit ensuite l'entonnoir avec de l'acide.

Dans les usages de la société, on filtre l'eau des rivières pour l'obtenir limpide et séparée des substances hétérogènes qui la salissent : on se sert à cet effet de sable de rivière. Le sable réunit plusieurs avantages qui le rendent propre à cet usage : premièrement, il est en fragmens arrondis, ou au moins dont les angles sont usés ; et les intervalles que présentent des molécules de cette figure, favorisent le passage de l'eau. Secondement, ces molécules sont de différentes

rentes grosseurs, et les plus fines se rangent naturellement entre les plus grosses ; elles empêchent donc qu'il ne se rencontre de vides trop grands qui laisseroient passer des matières hétérogènes. Troisièmement enfin, le sable ayant été roulé et lavé par l'eau des rivières pendant une longue révolution de tems, on est sûr qu'il est dépouillé de toute substance soluble dans l'eau, et que par conséquent il ne peut absolument rien communiquer à l'eau qui filtre au travers. Dans tous les cas, comme dans celui-ci, où le même filtre doit servir long-tems, il s'engorgeroit et la liqueur cesseroit d'y passer, si on ne le nétoyoit pas. Cette opération est simple à l'égard des filtres de sable ; il ne s'agit que de le laver dans plusieurs eaux successives, et jusqu'à ce qu'elle sorte claire.

§ IV.

De la Décantation.

La décantation est une opération qui peut suppléer à la filtration et qui, comme elle, a pour objet de séparer d'avec un liquide les molécules concrètes qu'il contient. On laisse à cet effet reposer la liqueur dans des vases ordinairement coniques et qui ont la forme de verres à boire, comme celui représenté ABCDE, *planche II*, *fig.* 10. On fait dans les verreries

des vases de cette figure, qui sont de différentes grandeurs; lorsqu'ils excèdent deux ou trois pintes de capacité, on supprime le pied CDE, et on y supplée par un pied de bois dans lequel on les mastique. La matière étrangère se dépose au fond de ces vases par un repos plus ou moins long, et on obtient la liqueur claire en la versant doucement par inclinaison. On voit que cette opération suppose que le corps suspendu dans le liquide est spécifiquement plus lourd que lui, et susceptible de se rassembler au fond : mais quelquefois la pesanteur spécifique du dépôt approche tellement de celle de la liqueur, et l'on est si près de l'équilibre, que le moindre mouvement suffit pour le remêler; alors, au lieu de transvaser la liqueur, et de la séparer par décantation, on se sert du siphon représenté *fig.* 11, et dont j'ai déjà donné la description.

Dans toutes les expériences où l'on veut déterminer avec une précision rigoureuse le poids de la matière précipitée, la décantation est préférable à la filtration, pourvu qu'on ait soin de laver à grande eau et à plusieurs reprises le précipité. On peut bien, il est vrai, déterminer le poids du précipité qu'on a séparé par filtration, en pesant le filtre avant et après l'opération; l'augmentation de poids que le filtre a

acquise, donne le poids du précipité qui y est resté attaché : mais quand les quantités sont peu considérables, la dessication plus ou moins grande du filtre, les différentes proportions d'humidité qu'il peut retenir, sont une source d'erreurs qu'il est important d'éviter.

CHAPITRE V.

Des moyens que la Chimie emploie pour écarter les unes des autres, les molécules des corps sans les décomposer et réciproquement pour les réunir.

J'AI déjà fait observer qu'il existoit deux manières de diviser les corps : la première qu'on nomme division mécanique, consiste à séparer une masse solide en un grand nombre d'autres masses beaucoup plus petites. On emploie pour remplir cet objet la force des hommes, celle des animaux, la pesanteur de l'eau appliquée aux machines hydrauliques, la force expansive de l'eau réduite en vapeurs, comme dans les machines à feu, l'impulsion du vent, etc. Mais toutes ces forces employées à diviser les corps, sont beaucoup plus bornées, qu'on ne le croit communément. Avec un pilon d'un certain poids, qui tombe d'une certaine hauteur, on ne peut jamais réduire en poudre une matière donnée au-delà d'un certain degré de finesse, et la même molécule, qui paroît si fine relativement à nos organes, est encore une montagne, si on peut se servir de cette expression, lors-

qu'on la compare avec les molécules constitutives et élémentaires du corps que l'on divise. C'est en cela que différent les agens mécaniques des agens chimiques : ces derniers divisent un corps dans ses molécules primitives. Si, par exemple, c'est un sel neutre, ils portent la division de ses parties aussi loin qu'elle le peut être sans que la molécule cesse d'être une molécule de sel. Je vais donner dans ce chapitre des exemples de cette espèce de division. J'y joindrai quelques détails sur des opérations qui y sont relatives.

§ Ier.

De la Solution des Sels.

On a long-tems confondu en chimie la solution et la dissolution, et l'on désignoit par le même nom la division des parties d'un sel dans un fluide tel que l'eau, et la division d'un métal dans un acide. Quelques réflexions sur les effets de ces deux opérations feront sentir qu'il n'est pas possible de les confondre.

Dans la solution des sels, les molécules salines sont simplement écartées les unes des autres, mais ni le sel, ni l'eau n'éprouvent aucune décomposition, et on peut les retrouver l'un et l'autre en même quantité qu'avant l'opération. On peut dire la même chose de la dissolution des résines dans l'alkool et dans les dissolvans

spiritueux. Dans la dissolution des métaux, au contraire, il y a toujours une décomposition de l'acide, ou décomposition de l'eau : le métal s'oxygène, il passe à l'état d'oxide ; une substance gazeuze se dégage ; en sorte, qu'à proprement parler, aucune des substances après la dissolution n'est dans le même état où elle étoit auparavant. C'est uniquement de la solution dont il sera question dans cet article.

Pour bien saisir ce qui se passe dans la solution des sels, il faut savoir qu'il se complique deux effets dans la plupart de ces opérations : solution par l'eau, et solution par le calorique ; et comme cette distinction donne l'explication de la plupart des phénomènes relatifs à la solution, je vais insister pour la bien faire entendre.

Le nitrate de potasse, vulgairement appelé salpêtre, contient très-peu d'eau de cristallisation ; une foule d'expériences le prouvent ; peut-être même n'en contient-il pas : cependant il se liquéfie à un degré de chaleur qui surpasse à peine celui de l'eau bouillante. Ce n'est donc point à l'aide de son eau de cristallisation qu'il se liquéfie, mais parce qu'il est très-fusible de sa nature, et qu'il passe de l'état solide à l'état liquide, un peu au-dessus de la chaleur de l'eau bouillante. Tous les sels sont de même susceptibles d'être liquifiés par le calorique ; mais à

une température plus ou moins haute. Les uns, comme les acétites de potasse et de soude, se fondent et se liquéfient à une chaleur très-médiocre; les autres, au contraire, comme le sulfate de chaux, le sulfate de potasse, etc., exigent une des plus fortes chaleurs que nous puissions produire. Cette liquéfaction des sels par le calorique, présente exactement les mêmes phénomènes que la liquéfaction de la glace. Premièrement elle s'opère de même à un degré de chaleur déterminé pour chaque sel, et ce degré est constant pendant tout le tems que dure la liquéfaction du sel. Secondement, il y a emploi de calorique au moment où le sel se fond, dégagement lorsqu'il se fige, tous phénomènes généraux, et qui ont lieu lors du passage d'un corps quelconque de l'état concret à l'état fluide, et réciproquement.

Ces phénomènes de la solution par le calorique se compliquent toujours plus ou moins avec ceux de la solution par l'eau. On en sera convaincu si l'on considère qu'on ne peut verser de l'eau sur un sel pour le dissoudre, sans employer réellement un dissolvant mixte, l'eau et le calorique : or, on peut distinguer plusieurs cas différens, suivant la nature et la manière d'être de chaque sel. Si par exemple un sel est très-peu soluble par l'eau, et qu'il le soit beaucoup par le ca-

lorique, il est clair que ce sel sera très-peu soluble à l'eau froide, et qu'il le sera beaucoup au contraire à l'eau chaude; tel est le nitrate de potasse, et sur-tout le muriate oxygéné de potasse. Si un autre sel au contraire est à-la-fois peu soluble dans l'eau, et peu soluble dans le calorique, il sera peu soluble dans l'eau froide comme dans l'eau chaude, et la différence ne sera pas très-considérable; c'est ce qui arrive au sulfate de chaux.

On voit donc qu'il y a une relation nécessaire entre ces trois choses, solubilité d'un sel dans l'eau froide, solubilité du même sel dans l'eau bouillante, degré auquel ce même sel se liquéfie par le calorique seul et sans le secours de l'eau; que la solubilité d'un sel à chaud et à froid est d'autant plus grande qu'il est plus soluble par le calorique, ou, ce qui revient au même, qu'il est susceptible de se liquéfier à un degré plus inférieur de l'échelle du thermomètre.

Telle est en général la théorie de la solution des sels. Mais je n'ai pu me former encore que des apperçus généraux, parce que les faits particuliers manquent, et qu'il n'existe point assez d'expériences exactes. La marche à suivre pour completter cette partie de la chimie est simple; elle consiste à rechercher pour chaque sel ce qui s'en dissout dans une quantité donnée d'eau

à différens degrés du thermomètre : or comme on sait aujourd'hui avec beaucoup de précision, d'après les expériences que nous avons publiées, M. de la Place et moi ; ce qu'une livre d'eau contient de calorique à chaque degré du thermomètre, il sera toujours facile de déterminer par des expériences simples la proportion de calorique et d'eau qu'exige chaque sel pour être tenu en dissolution, ce qui s'en absorbe au moment où le sel se liquéfie, ce qui s'en dégage au moment où il cristallise.

On ne doit plus être étonné d'après cela de voir que les sels même qui sont dissolubles à froid se dissolvent beaucoup plus rapidement dans l'eau chaude que dans l'eau froide. Il y a toujours emploi de calorique dans la dissolution des sels ; et quand il faut que le calorique soit fourni de proche en proche par les corps environnans, il en résulte un déplacement qui ne s'opère que lentement. L'opération au contraire se trouve tout d'un coup facilitée et accélérée, quand le calorique nécesaire à la solution se trouve déjà tout combiné avec l'eau.

Les sels en général, en se dissolvant dans l'eau, en augmentent la pesanteur spécifique, mais cette règle n'est pas absolument sans exception.

Un jour à venir on connoîtra la quantité de

radical, d'oxygène et de base qui constituent chaque sel neutre ; on connoîtra la quantité d'eau et de calorique nécessaire pour le dissoudre, l'augmentation de pesanteur spécifique qu'il communique à l'eau, la figure des molécules élémentaires de ses cristaux ; on expliquera les circonstances et les accidens de sa cristallisation, et c'est alors seulement que cette partie de la chimie sera complette. M. Séquin a formé le prospectus d'un grand travail en ce genre, qu'il est bien capable d'exécuter.

La solution des sels dans l'eau n'exige aucun appareil particulier. On se sert avec avantage dans les opérations en petit de phioles à médecine de différentes grandeurs, *pl. II*, *figures* 16 *et* 17; de terrines de grès, *même pl.* A, *figure* 1 *et* 2; de matras à col allongé, *fig.* 14; de casseroles ou bassines de cuivre et d'argent, *figures* 13 *et* 15.

§ II.

De la Lixiviation.

La lixiviation est une opération des arts et de la chimie, dont l'objet est de séparer des substances solubles dans l'eau d'avec d'autres substances qui sont insolubles. On a coutume de se servir pour cette opération, dans les arts

et dans les usages de la vie, d'un grand cuvier ABCD, *planche II*, *figure* 12, percé en D près de son fond d'un trou rond, dans lequel on introduit une champelure de bois D E ou un robinet de métal. On met d'abord au fond du cuvier une petite couche de paille, et ensuite par-dessus la matière qu'on se propose de lessiver; on la recouvre d'une toile, et on verse de l'eau froide ou chaude, suivant que la substance est d'une solubilité plus ou moins grande. L'eau s'imbibe dans la matière, et pour qu'elle la pénètre mieux, on tient pendant quelque tems fermé le robinet D E. Lorsqu'on juge qu'elle a eu le tems de dissoudre toutes les parties salines, on la laisse couler par le robinet D E; mais comme il reste toujours à la matière insoluble une portion d'eau adhérente qui ne coule pas; comme cette eau est nécessairement aussi chargée de sel que celle qui a coulé, on perdroit une quantité considérable de parties salines, si on ne repassoit à plusieurs reprises de nouvelle eau à la suite de la première. Cette eau sert à étendre celle qui est restée; la substance saline se partage et se fractionne, et au troisième ou quatrième relevage, l'eau passe presque pure; on s'en assure par le moyen du pèse-liqueur dont il a été parlé, page 16.

Le petit lit de paille qu'on met au fond du vase sert à procurer des interstices pour l'écoulement de l'eau ; on peut l'assimiler aux pailles ou aux tiges de verre dont on se sert pour filtrer dans l'entonnoir, et qui empêchent l'application trop immédiate du papier contre le verre. A l'égard du linge qu'on met par-dessus la matière qu'on se propose de lessiver, il n'est pas non plus inutile ; il a pour objet d'empêcher que l'eau ne fasse un creux dans la matière à l'endroit où on la verse, et qu'elle ne s'ouvre des issues particulières qui empêcheroient que toute la masse ne fût lessivée.

On imite plus ou moins cette opération des arts dans les expériences chimiques ; mais attendu qu'on se propose plus d'exactitude, et que lorsqu'il est question, par exemple, d'une analyse, il faut être sûr de ne laisser dans le résidu aucune partie saline ou soluble, on est obligé de prendre quelques précautions particulières. La première est d'employer plus d'eau que dans les lessives ordinaires, et d'y délayer les matières avant de tirer la liqueur à clair ; autrement toute la masse ne seroit pas également lessivée, et il pourroit même arriver que quelques portions ne le fussent aucunement. Il faut avoir soin de repasser de très-grandes quantités d'eau, et on ne doit en général

regarder l'opération comme terminée, que quand l'eau passe absolument dépouillée de sel, et que l'aréomètre indique qu'elle n'augmente plus de pesanteur spécifique en traversant la matière contenue dans le cuivre.

Dans les expériences très-en petit, on se contente communément de mettre dans des bocaux ou des matras de verre la matière qu'on se propose de lessiver; on verse dessus de l'eau bouillante, et on filtre au papier dans un entonnoir de verre. Voyez *planche II*, *fig.* 7. On relave ensuite avec de l'eau bouillante. Quand on opère sur des quantités un peu plus grandes, on délaye les matières dans un chaudron d'eau bouillante, et on filtre avec le carré de bois représenté, *pl. II*, *fig.* 3 *et* 4, qu'on garnit de toile et d'un papier à filtrer. Enfin dans les opérations très-en grand, on emploie le baquet ou cuvier que j'ai décrit au commencement de cet article, et qui est représenté, *figure* 12.

§ III.

De l'Evaporation.

L'évaporation a pour objet de séparer l'une de l'autre deux matières, dont l'une au moins est liquide, et qui ont un degré de volatilité très-différent.

C'est ce qui arrive lorsqu'on veut obtenir dans l'état concret un sel qui a été dissous dans l'eau : on échauffe l'eau et on la combine avec le calorique qui la volatilise ; les molécules de sel se rapprochent en même tems, et obéissant aux lois de l'attraction, elles se réunissent pour reparoître sous leur forme solide.

On a pensé que l'action de l'air influoit beaucoup sur la quantité de fluide qui s'évapore, et on est tombé à cet égard dans des erreurs qu'il est bon de faire connoître. Il est sans doute une évaporation lente qui se fait continuellement d'elle-même à l'air libre, et à la surface des fluides exposés à la simple action de l'atmosphère. Quoique cette première espèce d'évaporation puisse être jusqu'à un certain point considérée comme une dissolution par l'air, il n'en est pas moins vrai que le calorique y concourt, puisqu'elle est toujours accompagnée de réfroidissement : on doit donc la regarder comme une dissolution mixte, faite en partie par l'air et en partie par le calorique. Mais il est un autre genre d'évaporation, c'est celle qui a lieu à l'égard d'un fluide entretenu toujours bouillant ; l'évaporation qui se fait alors par l'action de l'air n'est plus que d'un objet très-médiocre en comparaison de celle qui est occasionnée par l'action du colorique : ce n'est plus, à proprement par-

ler, l'évaporation qui a lieu, mais la vaporisation; or cette dernière opération ne s'accélère pas en raison des surfaces évaporantes, mais en raison des quantités de calorique qui se combinent avec le liquide. Un trop grand courant d'air froid nuit quelquefois dans ces occasions à la rapidité de l'évaporation, par la raison qu'il enlève du calorique à l'eau, et qu'il raléntit par conséquent sa conversion en vapeurs. Il n'y a donc nul inconvénient à couvrir jusqu'à un certain point le vase où l'on fait évaporer un liquide entretenu toujours bouillant, pourvu que le corps qui couvre soit de nature à dérober peu de calorique, qu'il soit, pour me servir d'une expression du docteur Francklin, mauvais conducteur de chaleur; les vapeurs s'échappent alors par l'ouverture qui leur est laissée, et il s'en évapore au moins autant et souvent plus que quand on laisse un accès libre à l'air extérieur.

Comme dans l'évaporation, le liquide que le calorique enlève est absolument perdu, comme on le sacrifie pour conserver la substance fixe avec laquelle il étoit combiné, on n'évapore jamais que des matières peu précieuses, telles, par exemple, que l'eau. Lorsqu'elles ont plus de valeur, on a recours à la distillation: autre opération dans laquelle on

conserve à la fois et le corps fixe et le corps volatil.

Les vaisseaux dont on se sert pour le évaporations, sont des bassines de cuivre ou d'argent, quelquefois de plomb, telles que celle représentée *planche II*, *figure* 13; des casserolles également de cuivre ou d'argent, *fig.* 15.

Des capsules de verre, *pl. III*, *fig.* 3 *et* 4.

Des jattes de porcelaine.

Des terrines de grès A, *pl. II*, *fig.* 1 *et* 2.

Mais les meilleures de toutes les capsules à évaporer, sont des fonds de cornue et des portions de matras de verre. Leur *minceur* qui est égale par-tout, les rend plus propres que tout autre vaisseau à se prêter, sans se casser, à une chaleur brusque et à des alternatives subites de chaud et de froid. On peut les faire soi-même dans les laboratoires, et elles reviennent beaucoup moins cher que les capsules qu'on achète chez les faïenciers. Cet art de couper le verre ne se trouve décrit nulle part, et je vais en donner une idée.

On se sert d'anneaux de fer AC, *pl. III*, *fig.* 5, que l'on soude à une tige de fer AB, garnie d'un manche de bois D. On fait rougir l'anneau de fer dans un fourneau, puis on pose dessus le matras G, *fig.* 6, qu'on se propose de couper: lorsqu'on juge quele verre a été suffi-

samment

samment échauffée par l'anneau de fer rouge, on jette quelques gouttes d'eau dessus, et le matras se casse ordinairement juste dans la ligne circulaire qui étoit en contact avec l'anneau de fer.

D'autres vaisseaux évaporatoires, d'un excellent usage, sont de petites fioles de verre, qu'on désigne dans le commerce sous le nom de fioles à médecine. Ces bouteilles qui sont de verre mince et commun, supportent le feu avec une merveilleuse facilité, et sont à très-bon marché. Il ne faut pas craindre que leur figure nuise à l'évaporation de la liqueur. J'ai déjà fait voir que toutes les fois qu'on évaporoit le liquide au degré de l'ébullition, la figure du vaisseau contribuoit ou nuisoit peu à la célérité de l'opération, sur tout quand les parois supérieures du vaisseau étoient mauvais conducteurs de chaleur, comme le verre. On place une ou plusieurs de ces fioles sur une seconde grille de fer F G, *planche III*, *figure* 2, qu'on pose sur la partie supérieure d'un fourneau, et sous laquelle on entretient un feu doux. On peut suivre de cette manière un grand nombre d'expériences à la fois.

Un autre appareil évaporatoire assez commode et assez expéditif consiste dans une cornue de verre qu'on met au bain de sable, comme

on le voit *planche III, fig.* 1, et qu'on recouvre avec un dôme de terre cuite : mais l'opération est toujours beaucoup plus lente, quand on se sert du bain de sable ; elle n'est pas d'ailleurs exempte de dangers, parce que le sable s'échauffant inégalement, tandis que le verre ne peut pas se prêter à des degrés de dilatation locale, le vaiseau est souvent exposé à casser. Il arrive même quelquefois que le sable chaud fait exactement l'office des anneaux de fer représentés *pl. III, fig.* 5 *et* 6, sur-tout lorsque le vase contient un fluide qui distille. Une goutte de fluide qui s'éclabousse et qui vient tomber sur les parois du vaisseau à l'endroit du contact de l'anneau de sable, le fait casser circulairement en deux parties terminées par une ligne bien tranchée.

Dans le cas où l'évaporation exige une grande intensité de feu, on se sert de creusets de terre ; mais en général on entend le plus communément par le mot *évaporation* une opération qui se fait au degré de l'eau bouillante, ou très-peu au-dessus.

§ IV.

De la Cristallisation.

La cristallisation est une opération dans laquelle les parties intégrantes d'un corps, sépa-

trées les unes des autres par l'interposition d'un fluide, sont déterminées par la force d'attraction qu'elles exercent les unes sur les autres, à se rejoindre pour former des masses solides.

Lorsque les molécules d'un corps sont simplement écartées par le calorique, et qu'en vertu de cet écartement ce corps est porté à l'état de liquide, il ne faut, pour le ramener à l'état de solide, c'est-à-dire, pour opérer sa cristallisation, que supprimer une partie du calorique logé entre ses molécules, autrement dit le réfroidir. Si le réfroidissement est lent et si en même tems il y a repos, les molécules prennent un arrangement régulier, et alors il y a cristallisation proprement dite : si au contraire le réfroidissement est rapide, ou si en supposant un réfroidissement lent, on agite le liquide au moment où il va passer à l'état concret, il y a cristallisation confuse.

Les mêmes phénomènes ont lieu dans les solutions par l'eau; ou pour mieux dire, les solutions par l'eau sont toujours mixtes, comme je l'ai déjà fait voir dans le paragraphe premier de ce chapitre : elles s'opèrent en partie par l'action de l'eau, en partie par celle du calorique. Tant qu'il y a suffisamment d'eau et de calorique pour écarter les molécules du sel, au point qu'elles soient hors de leur sphère

d'attraction, le sel demeure dans l'état fluide. L'eau et le calorique viennent ils à manquer, et l'attraction des molécules salines les unes par rapport aux autres devient-elle victorieuse, le sel reprend la forme concrète, et la figure des cristaux est d'autant plus régulière, que l'évaporation a été plus lente et faite dans un lieu plus tranquille.

Tous les phénomènes qui ont lieu dans la solution des sels se retrouvent également dans leur cristallisation, mais dans un sens inverse. Il y a dégagement de calorique au moment où le sel se réunit et paroît sous sa forme concrète et solide, et il en résulte une nouvelle preuve que les sels sont tenus à la fois en dissolution par l'eau et par le calorique. C'est par cette raison qu'il ne suffit pas pour faire cristalliser les sels qui se liquéfient aisément par le calorique, de leur enlever l'eau qui les tenoit en dissolution; il faut encore leur enlever le calorique, et le sel ne cristallise qu'autant que ces deux conditions sont remplies. Le salpêtre, le muriate oxygéné de potasse, l'alun, le sulfate de soude, ect., en fournissent des exemples. Il n'en est pas de même des sels qui exigent peu de calorique pour être tenus en dissolution, et qui par cela même sont à-peu-près également solubles dans l'eau chaude et dans l'eau froide;

il suffit de leur enlever l'eau qui les tenoit en dissolution pour les faire cristaliser, et ils reparoissent sous forme concrète dans l'eau bouillante même, comme on l'observe relativement au sulfate de chaux, aux muriates de soude et de potasse, et à beaucoup d'autres.

C'est sur ces propriétés des sels et sur leur différence de solubilité à chaud et à froid, qu'est fondé le raffinage du salpêtre. Ce sel, tel qu'il est retiré par une première opération, et tel qu'il est livré par les salpêtriers, est composé de sels déliquescens qui ne sont pas susceptibles de cristalliser, tels que le nitrate et le muriate de chaux; de sel qui sont presqu'également solubles à chaud et à froid, tels que les muriates de potasse et de soude; enfin de salpêtre, qui est beaucoup plus soluble à chaud qu'à froid.

On commence par verser sur tous ces sels confondus ensemble une quantité d'eau suffisante pour tenir en dissolution les moins solubles de tous, et ce sont les muriates de soude et de potasse. Cette quantité d'eau tient facilement en dissolution tout le salpêtre, tant qu'elle est chaude; mais il n'en est plus de même lorsqu'elle se réfroidit; la majeure partie du salpêtre cristallise; il n'en reste qu'environ un sixième tenu en dissolution, et qui se trouve

confondu avec le nitrate calcaire et avec les muriates.

Le salpêtre qu'on obtient ainsi est un peu impregné de sels étrangers, parce qu'il a cristallisé dans une eau qui elle-même en étoit chargée ; mais on l'en dépouille complètement par une nouvelle dissolution à chaud avec très-peu d'eau et par une nouvelle cristallisation.

A l'égard des eaux surnageantes à la cristallisation du salpêtre, et qui contiennent un mélange de salpêtre et de différens sels, on les fait évaporer pour en tirer du salpêtre brun, qu'on purifie ensuite également par deux nouvelles dissolutions et cristallisations.

Les sels à base terreuse qui sont incristallisables, sont rejettés s'ils ne contiennent point de nitrates ; si au contraire ils en contiennent, on les étend avec de l'eau, on précipite la terre par le moyen de la potasse, on laisse déposer, on décante, on fait évaporer et on met à cristalliser.

Ce qui s'observe dans le raffinage du salpêtre, peut servir de règle toutes les fois qu'il est question de séparer par voie de cristallisation plusieurs sels mêlés ensemble. Il faut alors étudier la nature de chacun, la proportion qui s'en dissout dans les quantités données d'eau, leur différence de solubilité à chaud et froid. Si

à ces propriétés principales on joint celle qu'ont quelques sels, de se dissoudre dans l'alkool ou dans un mélange d'alkool et d'eau, on verra qu'on a des ressources très-multipliées pour opérer la séparation des sels par voie de cristallisation. Mais il faut convenir en même-tems qu'il est difficile de rendre cette séparation complette et absolue.

Les vaisseaux qu'on emploie pour la cristallisation des sels, sont des terrines de grés A, *planche II*, *figures* 1 et 2, et de grandes capsules applaties, *planche III*, *figure* 7.

Lorsqu'on abandonne une solution saline à une évaporation lente, à l'air libre et à la chaleur de l'atmosphère, on doit employer des vases un peu élevés, tels que celui représenté *pl. III*, *fig.* 3, afin qu'il y ait une épaisseur un peu considérable de liqueur; on obtient par ce moyen des cristaux beaucoup plus gros et aussi réguliers qu'on puisse l'espérer.

Non seulement tous les sels cristallisent sous différentes formes, mais encore la cristallisation de chaque sel varie suivant les circonstances de la cristallisation. Il ne faut pas en conclure que la figure des molécules salines n'ait rien d'indéterminé dans chaque espèce : rien n'est plus constant, au contraire, que la figure des molécules primitives des corps, sur-tout à l'égard

des sels. Mais les cristaux qui se forment sous nos yeux, sont des aggrégations des molécules, et ces molécules, quoique toutes parfaitement égales en figure et en grosseur, peuvent prendre des arrangemens différens, qui donnent lieu à une grande variété de figures toutes régulières, et qui paroissent quelquefois n'avoir aucun rapport, ni entr'elles, ni avec la figure du cristal originaire. Cet objet a été savamment traité par M. l'abbé Haüy, dans plusieurs Mémoires présentés à l'Académie, et dans un Ouvrage sur la structure des cristaux. Il ne reste plus même qu'à étendre à la classe des sels ce qu'il a fait plus particulièrement pour quelques pierres cristallisées.

§ V.

De la Distillation simple.

La distillation a deux objets bien déterminés : je distinguerai en conséquence deux espèces de distillations, la distillation simple et la distillation composée. C'est uniquement de la première dont je m'occuperai dans cet article.

Lorsqu'on soumet à la distillation deux corps, dont l'un est plus volatil, c'est-à-dire, a plus d'affinité que l'autre avec le calorique, le but qu'on se propose est de les séparer : le plus

volatil prend la forme de gaz, et on le condense ensuite par réfroidissement dans des appareils propres à remplir cet objet. La distillation n'est alors, comme l'évaporation, qu'une opération en quelque façon mécanique qui sépare l'une de l'autre deux substances, sans les décomposer et sans en altérer la nature. Dans l'évaporation c'étoit le produit fixe qu'on cherchoit à conserver, sans s'embarrasser de conserver le produit volatil; dans la distillation au contraire on s'attache le plus communément à recueillir le produit volatil, à moins qu'on ne se propose de les conserver tous deux. Ainsi la distillation simple bien analysée ne doit être considérée que comme une évaporation en vaisseaux clos.

Le plus simple de tous les appareils distillatoires est une bouteille A, *planche III*, *fig.* 8, dont on courbe, dans la verrerie même, le col BC en BD. Cette bouteille ou fiole porte alors le nom de cornue; on la place ou dans un fourneau de reverbère, comme on le voit *planche XIII*, *fig.* 2, ou au bain de sable sous une couverture de terre cuite, comme on le voit *planche III*, *fig.* 1. Pour recueillir et pour condenser les produits, on adapte à la cornue un récipient E, *planche III*, *figure* 9, qu'on lutte avec elle, quelquefois, sur-tout dans le

opérations de pharmacie, on se sert d'une cucurbite de verre ou de grès A, *planche III*, *fig.* 12, surmontée de son chapiteau B, ou bien d'un alambic de verre auquel tient un chapiteau d'une seule pièce, *fig.* 13. On ménage à ce dernier une tubulure, c'est-à-dire une ouverture T, qu'on bouche avec un bouchon de cristal usé à l'émeril. On voit que le chapiteau B de l'alambic a une rigole *rr*, destinée à recevoir la liqueur qui se condense, et à la conduire au bec *r* S par lequel elle s'écoule.

Mais, comme dans presque toutes les distillations il y a une expension de vapeurs qui pourroit faire éclater les vaisseaux, on est obligé de ménager au ballon ou récipient E, *fig.* 9, un petit trou T, par lequel on donne issue aux vapeurs; d'où l'on voit qu'on perd dans cette manière de distiller tous les produits qui sont dans un état constamment aériforme, et ceux même qui, ne perdant pas facilement cet état, n'ont pas le tems d'être condensés dans l'intérieur du ballon. Cet appareil ne peut donc être employé que dans les opérations courantes des laboratoires et dans la pharmacie, mais il est insuffisant pour toutes les opérations de recherches. Je détaillerai à l'article de la distillation composée, les moyens qu'on a imaginés pour recueillir sans perte la totalité des produits.

Les vaisseaux de verre étant très fragiles et ne résistant pas toujours aux alternatives brusques du chaud et du froid, on a imaginé de faire des appareils distillatoires en métal. Ces instrumens sont nécessaires pour distiller de l'eau, des liqueurs spiritueuses, pour obtenir les huiles essentielles des végétaux. etc. On ne peut se dispenser dans un laboratoire bien monté d'avoir un ou deux alambics de cette espèce et de difchaférente grandeur.

Cet appareil distillatoire consiste dans une cucurbite de cuivre rouge étamé A, *pl. III*, *fig.* 15 *et* 16, dans laquelle s'ajuste, lorsqu'on le juge à propos, un bain marie d'étain D, *fig.* 17, et sur lequel on place le chapiteau F. Ce chapiteau peut également s'ajuster sur la cucurbite de cuivre, sans bain marie ou avec le bain-marie, suivant la nature des opérations. Tout l'intéreiur du piteau doit être en étain.

Il est nécessaire, sur-tout pour la distillation des liqueurs spiritueuses, que le chapiteau F de l'alembic soit garni d'un réfrigérent SS, *fig.* 16, dans lequel on entretient toujours de l'eau fraîche. On la laisse écouler par le moyen du robinet R, quand on s'apperçoit qu'elle devient trop chaude, et on la renouvelle avec de la fraîche. Il est aisé de concevoir quel est l'usage de cette eau; l'objet de la distillation est de con-

vertir en gaz la matière qu'on veut distiller et qui est contenue dans la cucurbite, et cette conversion se fait à l'aide du calorique fourni par le feu du fourneau : mais il n'y auroit pas de distillation, si ce même gaz ne se condensoit pas dans le chapiteau, s'il n'y perdoit pas la forme de gaz et ne redevenoit pas liquide. Il est donc nécessaire que la substance que l'on distille dépose dans le chapiteau tout le calorique qui s'y étoit combiné dans la cucurbite, et par conséquent que les parois du chapiteau soient toujours entretenues à une température plus basse que celle qui peut maintenir la substance à distiller dans l'état de gaz. L'eau du réfrigérent est destinée à remplir cet office. On sait que l'eau se convertit en gaz à 80 degrés du thermomètre français, l'esprit-de-vin ou alkool à 67, l'éther à 32 ; on conçoit donc que ces substances ne distilleroient pas, ou plutôt qu'elle s'échapperoient en vapeurs aériformes, si la chaleur du réfrigérent n'étoit pas entretenue au-dessous de ces degrés respectifs.

Dans la distillation des liqueurs spiritueuses et en général des liqueurs très-expansives, le réfrigérent ne suffit pas pour condenser toutes les vapeurs qui s'élèvent de la cucurbite ; alors au lieu de recevoir directement la liqueur du bec TU de l'alambic dans un récipient, on inter-

pose entre deux un serpentin. On donne ce nom à un instrument représenté *fig.* 18. Il consiste en un tuyau tourné en spirale, et qui fait un grand nombre de révolutions dans un sceau de cuivre étamé BCDE. On entretient toujours de l'eau dans ce sceau, et on la renouvelle quand elle s'échauffe. Cet instrument est en usage dans tous les ateliers de fabrication d'eau-de-vie : on n'y emploie pas même de chapiteau proprement dit, ni de réfrigérent, et toute la condensation s'opère dans le serpentin. Celui représenté dans la *figure* 18, a un tuyau double dont l'un est spécialement destiné à la distillation des matières odorantes.

Quelquefois, même dans la distillation simple, on est obligé d'ajouter une allonge entre la cornue et le récipient, comme on le voit *fig.* 11. Cette disposition peut avoir deux objets ; ou de séparer l'un de l'autre des produits de différens degrés de volatilité, ou d'éloigner le récipient du fourneau, afin que la matière qui doit y être contenue éprouve moins de chaleur. Mais ces appareils et plusieurs autres plus compliqués qui ont été imaginés par les anciens, sont bien éloignés de répondre aux vues de la chimie moderne : on en jugera par les détails dans lesquels j'entrerai à l'article de la distillation composée.

§ VI.

De la Sublimation.

On donne le nom de sublimation à la distillation des matières qui se condensent dans un état concret : ainsi on dit la sublimation du souffre, la sublimation du sel ammoniac ou muriate ammoniacal, etc. Ces opérations n'exigent pas d'appareils particuliers ; cependant on a coutume d'employer pour la sublimation du souffre, ce qu'on nomme des aludels. Ce sont des vaisseaux de terre ou de faïence qui s'ajustent les uns avec les autres, et qui se placent sur une cucurbite qui contient le soufre.

Un des meilleurs appareils sublimatoires pour les matières qui ne sont point très-volatiles, est une fiole à médecine qu'on enfonce aux deux tiers dans un bain de sable ; mais alors on perd une partie du produit. Toutes les fois qu'on veut les conserver tous, il faut se rapprocher des appareils pneumato-chimiques, dont je vais donner la description dans le chapitre suivant.

CHAPITRE VI.

Des distillations pneumato-chimiques, des Dissolutions métalliques, et de quelques autres opérations qui exigent des Appareils très-compliqués.

Paragraphe Ier.

Des Distillations composées, et des Distillations pneumatico-chimiques.

Je n'ai présenté dans le paragraphe 5 du Chapitre précédent, la distillation, que comme une opération simple, dont l'objet est de séparer l'une de l'autre deux substances de volatilité différente : mais le plus souvent la distillation fait plus ; elle opère une véritable décomposition du corps qui y est soumis : elle sort alors de la classe des opérations simples, et elle rentre dans l'ordre de celles qu'on peut regarder comme des plus compliquées de la chimie. Il est sans doute de l'essence de toute distillation, que la substance que l'on distille soit réduite à l'état de gaz dans la cucurbite par sa combinaison avec le calorique ; mais dans la distillation

simple, ce même calorique se dépose dans le réfrigérent ou dans le serpentin, et la même substance reprend son état de liquidité. Il n'en est pas ainsi dans la distillation composée ; il y a dans cette opération décomposition absolue de la substance soumise à la distillation : une portion telle que le charbon, demeure fixe dans la cornue, tout le reste se réduit en gaz d'un grand nombre d'espèces. Les uns sont susceptibles de se condenser par le réfroidissement, et de reparoître sous forme concrète et liquide ; les autres demeurent constamment dans l'état aériforme ; ceux-ci sont absorbables par l'eau, ceux-là le sont par les alkalis ; enfin quelques-uns ne sont absorbables par aucune substance. Un appareil distillatoire ordinaire, et tel que ceux que j'ai décrits dans le chapitre précédent, ne suffiroit pas pour retenir et pour séparer des produits aussi variés : on est donc obligé d'avoir recours à des moyens beaucoup plus compliqués.

Je pourrois placer ici un historique des tentatives qui ont été successivement faites pour retenir les produits aériformes qui se dégagent des distillations ; ce seroit une occasion de citer Hales, Rouelle, Woulfe et plusieurs autres chimistes célèbres ; mais comme je me suis fait une loi d'être aussi concis qu'il se-

roi

roit possible, j'ai pensé qu'il valoit mieux décrire tout d'un coup l'appareil le plus parfait, plutôt que fatiguer le lecteur par le détail de tentatives infructueuses, faites dans un tems où l'on n'avoit encore que des idées très-imparfaites sur la nature des gaz en général. L'appareil dont je vais donner la description est destiné à la plus compliquée de toutes les distillations : on pourra le simplifier ensuite suivant la nature des opérations.

A, *planche IV*, *figure* 1, représente une cornue de verre tubulée en H, dont le col B s'ajuste avec un ballon G C à deux pointes. A la tubulure supérieure D de ce ballon s'ajuste un tube de verre DE *f g* qui vient plonger par son extrémité *g* dans la liqueur contenue dans la bouteille L. A la suite de la bouteille L qui est tubulée en *xxx* sont trois autres bouteilles L', L''; L''', qui ont de même trois tubulures ou gouleaux *x' x' x*; *x'' x'' x''*; *x''' x''' x'''*. Chaque bouteille est liée par un tube de verre *x y z'*, *x' y' z''*, *x'' y'' z'''*; enfin à la dernière tubulure de la bouteille L''' est adapté un tube *x''''* RM qui aboutit sous une cloche de verre, laquelle est placée sur la tablette de l'appareil pneumato-chimique. Communément on met dans la première bouteille un poids bien connu d'eau distillée, et dans les trois autres de la potasse caustique étendue d'eau : la tarre de ces bouteilles et le poids de la liqueur

alkaline qu'elles contiennent doivent être déterminés avec un très-grand soin. Tout étant ainsi disposé, on lute toutes les jointures, savoir celle B de la cornue au ballon, et celle D de la tubulure supérieure du ballon avec du lut gras recouvert de toile imbibée de chaux et de blanc d'œuf, et toutes les autres avec un lut de térébenthine cuite et de cire, fondues ensemble.

On voit d'après ces dispositions, que lorsqu'on a mis le feu sous la cornue A, et que la substance qu'elle contient a commencé à se décomposer, les produits les moins volatils doivent se condenser et se sublimer dans le col même de la cornue, et que c'est principalement là que doivent se rassembler les substances concrètes : que les matières plus volatiles, telles que les huiles légères, l'ammoniaque et beaucoup d'autres substances, doivent se condenser dans le matras GC ; que les gaz, au contraire, qui ne peuvent être condensés par le froid, doivent bouillonner à travers les liqueurs contenues dans les bouteilles LL'L"L'" ; que tout ce qui est absorbable par l'eau, doit rester dans la bouteille L ; que tout ce qui est susceptible d'être absorbé par l'alkali doit rester dans les bouteilles L'L"L'" ; enfin que les gaz qui ne sont absorbables ni par l'eau, ni par les alkalis, doivent s'échapper par le tube RM, à la sortie duquel ils peuvent être

reçus dans des cloches de verre. Enfin ce qu'on appeloit autrefois le *caput mortuum*, le charbon et la terre comme absolument fixes, doivent rester dans la cornue.

On a toujours, dans cette manière d'opérer, une preuve matérielle de l'exactitude du résultat; car le poids des matières en total doit être le même avant et après l'opération : si donc on a opéré par exemple sur 8 onces de gomme arabique ou d'amidon, le poids du résidu charboneux qui restera dans la cornue A, après l'opération, plus celui des produits rassemblés dans son col et dans le matras GC, plus celui du gaz rassemblé dans la cloche M, plus enfin l'augmentation de poids acquise par les bouteilles L,L',L'',L''',; tous ces poids, dis-je, réunis doivent former un total de 8 onces. S'il y a plus ou moins, il y a erreur, et il faut recommencer l'expérience jusqu'à ce qu'on ait un résultat dont on soit satisfait, et qui diffère à peine de 6 ou 8 grains par livre de matière mise en expérience.

J'ai rencontré long-tems dans ce genre d'expérience des difficultés presqu'insurmontables, et qui m'auroient obligé d'y renoncer, si je ne fusse parvenu enfin à les lever par un moyen très-simple, et dont M. Hassenfratz m'a fourni l'idée. Le moindre ralentissement dans le degré

de feu du fourneau, et beaucoup d'autres circonstances inséparables de ce genre d'expériences, occasionnent souvent des réabsorptions de gaz : l'eau de la cuve rentre rapidement dans la bouteille L''' par le tube x''' RM : la même chose arrive d'une bouteille à l'autre, et souvent la liqueur remonte jusques dans le ballon C. On prévient ces accidens en employant des bouteilles à trois tubulures, et en adaptant à l'une d'elles un tube capillaire St, $s't'$, $s''t''$, $s'''t'''$, dont le bout doit plonger dans la liqueur des bouteilles. S'il y a absorption soit dans la cornue, soit dans quelques-unes des bouteilles, il rentre par ces tubes de l'air extérieur qui remplace le vide qui s'est formé, et on en est quitte pour avoir un petit mélange d'air commun dans les produits ; mais au moins l'expérience n'est pas entièrement manquée. Ces tubes peuvent bien admettre de l'air extérieur, mais ils ne peuvent en laisser échapper, parce qu'ils sont toujours bouchés dans leur partie inférieure $t\,t'\,t''\,t'''$ par le fluide des bouteilles.

On conçoit que pendant le cours de l'expérience, la liqueur des bouteilles doit remonter dans chacun de ces tubes à une hauteur relative à la pression qu'éprouve l'air ou le gaz contenu dans la bouteille ; or cette pression est déterminée par la hauteur et par le poids de la co-

lonne de liquide contenu dans toutes les bouteilles subséquentes. En supposant donc qu'il y ait 3 pouces de liqueur dans chaque bouteille, que la hauteur de l'eau de la cuve soit également de trois pouces au-dessus de l'orifice du tuyau RM, enfin que la pesanteur spécifique des liqueurs contenues dans les bouteilles, ne diffère pas sensiblemont de celle de l'eau ; l'air de la bouteille L sera comprimé par un poids égal à celui d'une colonne d'eau de 12 pouces. L'eau s'élevera donc de 12 pouces dans le tube S*t*, d'où il résulte qu'il faut donner à ce tube plus de 12 pouces de longueur au-dessus du niveau du liquide *a b*. Le tube *s' t'* doit par la même raison avoir plus de 9 pouces, le tube *s'' t''* plus de six, et le tube *s''' t'''* plus de trois. On doit au surplus, donner à ces tubes plus que moins de longueur à cause des oscillations qui ont souvent lieu. On est obligé dans quelques cas d'introduire un semblable tube entre la cornue et le ballon ; mais comme ce tube ne plonge point dans l'eau, comme il n'est point bouché par un liquide, au moins jusqu'à ce qu'il en ait passé par le progrès de distillation, il faut en boucher l'ouverture supérieure avec un peu de lut, et ne l'ouvrir qu'au besoin, ou lorsqu'il y a assez de liquide dans le matras C pour fermer l'extrémité du tube.

L'appareil dont je viens de donner la description, ne peut pas être employé dans des expériences exactes, toutes les fois que les matières qu'on se propose de traiter ont une action trop rapide l'une sur l'autre, ou lorsque l'une des deux ne doit être introduite que successivement et par petites parties, comme il arrive dans les mêlanges qui font une violente effervescence. On se sert alors d'une cornue tubulée A, *pl. VII*, *fig.* 1. On y introduit l'une des deux substances, et de préférence celle qui est concrète, puis on adapte et on lutte à la tubulure un tube recourbé B C D A terminé dans sa partie supérieure B en entonnoir, et par son extrêmité A en un tube capillaire : c'est par l'entonnoir B de ce tube qu'on verse la liqueur. Il faut que la hauteur B C soit assez grande pour que la liqueur qu'on doit introduire puisse faire équilibre avec la résistance occasionnée par celle contenue dans les bouteilles LL' L'' L''', *planche IV*, *figure* 1.

Ceux qui n'ont pas l'habitude de se servir de l'appareil distillatoire que je viens de décrire, ne manqueront pas de s'effrayer de la grande quantité d'ouvertures qu'on est obligé de lutter, et du tems qu'exigent les préliminaires de semblables expériences ; et en effet, si on fait entrer en ligne de compte les pesées qu'il est néces-

saire de faire avant l'expérienee et de répéter après, les préparatifs sont beaucoup plus longs que l'expérience elle-même. Mais aussi on est bien dédommagé de ses peines quand l'expérience réussit, et on acquiert en une seule fois plus de connoissances sur la nature de la substance animale ou végétale qu'on a soumise à la distillation que par plusieurs semaines du travail le plus assidu.

A défaut de bouteilles triplement tubulées, on se sert de bouteilles à deux gouleaux: il est même possible de mettre les trois tubes dans la même ouverture, et de se servir de bouteilles ordinaires à gouleaux renversés, pourvu que l'ouverture soit suffisamment grande. Il faut avoir soin d'ajuster sur les bouteilles des bouchons qu'on use avec une lime très-douce, et qu'on fait bouillir dans un mélange d'huile, de cire et de térébenthine. On perce à travers ces bouchons avec une lime nommée queue de rat, voyez *planche I*, *fig.* 16, autant de trous qu'il est necessaire pour le passage des tubes; on voit un de ces bouchons représenté, *planche IV*, *fig.* 3.

§. II.

Des Dissolutions métalliques.

J'ai déjà fait sentir lorsque j'ai parlé de la solution des sels dans l'eau, combien il existoit de différence entre cette opération et la dissolution métallique. On a vu que la dissolution des sels n'exigeoit aucun appareil particulier, et que tout vase y étoit propre. Il n'en est pas de même de la dissolution des métaux; pour ne rien perdre dans cette dernière, et pour obtenir des résultats vraiment concluans, il faut employer des appareils très-compliqués, et dont l'invention appartient absolument aux chimistes de notre âge.

Les métaux en général se dissolvent avec effervescence dans les acides; or l'effet auquel on a donné le nom d'effervescence n'est autre chose qu'un mouvement excité dans la liqueur dissolvante par le dégagement d'un grand nombre de bulles d'air ou de fluide aériforme qui partent de la surface du métal, et qui crèvent en sortant de la liqueur dissolvante.

M. Cavendish et M. Priestley sont les premiers qui aient imaginé des appareils simples pour recueillir ces fluides élastiques. Celui de M. Priestley consiste en une bouteille A, *pl. VII*, *fig.* 2, bouchée en B avec un bouchon

de liège troué dans son milieu, et qui laisse passer un tube de verre recourbé en BC, qui s'engage sous des cloches remplies d'eau, et renversées dans un bassin plein d'eau : on commence par introduire le métal dans la bouteille A, on verse l'acide par-dessus, puis on bouche avec le bouchon garni de son tube B C.

Mais cet appareil n'est pas sans inconvénient, du moins pour des expériences très-exactes. Premièrement lorsque l'acide est très-concentré, et que le métal est très divisé, l'effervescence commence souvent avant qu'on ait eu le tems de boucher la bouteille; il y a perte de gaz, et on ne peut plus déterminer les quantités avec exactitude. Secondement dans toutes les opérations où l'on est obligé de faire chauffer, il y a une partie de l'acide qui se distille et qui se mêle avec l'eau de la cuve; en sorte qu'on se trompe dans le calcul des quantités d'acide décomposées. Troisièmement enfin l'eau de la cuve absorbe tous les gaz susceptibles de se combiner avec l'eau, et il est impossible de les recueillir sans perte.

Pour remédier à ces inconvéniens, j'avois d'abord imaginé d'adapter à une bouteille à deux gouleaux A, *planche VII*, *fig.* 3, un entonnoir de verre BC, qu'on y lute de manière à ne laisser aucune issue à l'air. Dans cet entonnoir

entre une tige de cristal D E usée en D à l'émeri avec l'entonnoir, de manière à le fermer comme le bouchon d'un flacon.

Lorsqu'on veut opérer, on commence par introduire dans la bouteille A la matière à dissoudre: on lute l'entonnoir, on le bouche avec la tige DE, puis on y verse de l'acide qu'on fait passer dans la bouteille en aussi petite quantité que l'on veut, en soulevant doucement la tige; on répète successivement cette opération jusqu'à ce qu'on soit arrivé au point de saturation.

On a employé depuis un autre moyen qui remplit le même objet, et qui dans certains cas est préférable: j'en ai déjà donné une idée dans le paragraphe précédent. Il consiste à adapter à l'une des tubulures de la bouteille A, *pl. VII*, *fig.* 4, un tube recourbé DEFG terminé en D par une couverture capillaire, et en G par un entonnoir soudé au tube; on le lute soigneusement et solidement dans la tubulure C. Lorsqu'on verse un petite goutte de liqueur dans le tube par l'entonnoir G, elle tombe dans la partie F; si on en ajoute davantage, elle parvient à dépasser la courbure E et à s'introduire dans la bouteille A: l'écoulement dure tant qu'on fournit de nouvelle liqueur par l'entonnoir G. On conçoit qu'elle ne peut jamais être chassée en dehors du tube E F G, et qu'il ne

peut jamais sortir d'air ou de gaz de la bouteille ; parce que le poids de la liqueur l'en empêche et fait l'effet d'un véritable bouchon.

Pour remédier au second inconvénient, à celui de la distillation de l'acide, qui s'opère sur-tout dans les dissolutions qui sont accompagnées de chaleur, on adapte à la cornue A, *pl. VII*, *fig.* 1, un petit matras tubulé M, qui reçoit la liqueur qui se condense.

Enfin, pour séparer les gaz absorbables par l'eau, tel que le gaz acide carbonique, on ajoute une bouteille L à deux gouleaux, dans laquelle on met de l'alkali pur étendu d'eau : l'alkali absorbe tout le gaz acide carbonique, et il ne passe plus communément sous la cloche par le tube NO, qu'une ou deux espèces de gaz tout au plus. On a vu dans le premier chapitre de cette troisième partie, comment on parvenoit à les séparer. Si une bouteille d'alkali ne suffit pas, on en ajoute jusqu'à trois et quatre.

§ III.

Des Appareils relatifs aux fermentations vineuse et putride.

La fermentation vineuse et la fermentation putride exigent des appareils particuliers, et destinés uniquement à ce genre d'expériences. Je vais décrire celui que j'ai cru devoir défini-

tivement adopter, après y avoir fait successivement un grand nombre de corrections.

On prend un grand matras A, *pl. X*, d'environ 12 pintes de capacité : on y adapte une virole de cuivre *ab* solidement mastiquée, et dans laquelle se visse un tuyau coudé *cd* garni d'un robinet *e*. A ce tuyau s'adapte une espèce de récipient de verre à trois pointes B, au-dessous duquel est placée une bouteille C avec laquelle il communique. A la suite du récipient B est un tube de verre *ghi*, mastiqué en *g* et en *i* avec des viroles de cuivre : il est destiné à recevoir un sel concret très déliquescent, tel que du nitrate ou du muriate de chaux, de l'acétite de potasse, etc.

Enfin ce tube est suivi de deux bouteilles D,E, remplies jusqu'en *xy* d'alkali dissous dans l'eau, et bien dépouillé d'acide carbonique.

Toutes les parties de cet appareil sont réunies les unes avec les autres par le moyen de vis et d'écrous qui se serrent ; les points de contact sont garnis de cuir gras qui empêche tout passage de l'air : enfin, chaque pièce est garnie de deux robinets ; de manière qu'on peut la fermer par ses deux extrémités, et peser ainsi chacune séparément à toutes les époques de l'expérience qu'on le juge à propos.

C'est dans le ballon A qu'on met la matière

fermentescible, du sucre par exemple, et de la levure de bière étendue d'une suffisante quantité d'eau, et dont le poids est bien déterminé. Quelquefois lorsque la fermentation est trop rapide, il se forme une quantité considérable d'écume qui non seulement remplit le col du ballon, mais qui passe dans le récipient B et coule dans la bouteille C. C'est pour recueillir cette mousse et empêcher qu'elle ne passe dans le tube déliquescent, qu'on a donné une capacité considérable au récipient B et à la bouteille C.

Il ne se dégage dans la fermentation du sucre, c'est à dire, dans la fermentation vineuse, que de l'acide carbonique qui emporte avec lui un peu d'eau qu'il tient en dissolution. Il en dépose une grande partie en passant par le tube *g h i* qui contient un sel déliquescent en poudre grossière, et on en connoît la quantité par l'augmentation de poids acquise par le sel. Ce même acide carbonique bouillonne ensuite à travers la liqueur alkaline de la bouteille D, dans laquelle il est conduit par le tube *k l m*. La petite portion qui n'a point été absorbée par l'alkali contenu dans cette première bouteille, n'échappe point à la seconde E, et ordinairement il ne passe absolument rien sous la cloche F, si ce n'est l'air commun qui étoit contenu

au commencement de l'expérience dans le vide des vasseaux.

Le même appareil peut servir pour les fermentations putrides ; mais alors il passe une quantité considérable de gaz hydrogène par le tube *qrstu*, lequel est reçu dans la cloche F ; et comme le dégagement est rapide, sur-tout en été, il faut la changer fréquemment. Ces fermentations exigent en conséquence une surveillance continuelle, tandis que la fermentation vineuse n'en exige aucune.

On voit qu'au moyen de cet appareil on peut connoître avec une grande précision le poids des matériaux mis à fermenter, et celui de tous les produits liquides ou aériformes qui s'en sont dégagés. On peut voir les détails dans lesquels je suis entré sur le résultat de la fermentation vineuse, dans le chapitre XIII de la première partie de cet ouvrage, page 139.

§ IV.

Appareil particulier pour la décomposition de l'eau.

J'ai déjà exposé, dans la première partie de cet Ouvrage, Chapitre VIII, page 87, les expériences relatives à la décomposition de l'eau; j'éviterai donc des répétitions inutiles, et je me bornerai à des observations très-sommaires. Les matières qui ont la propriété de décomposer l'eau, sont principalement le fer et le charbon; mais il faut pour cela qu'ils soient portés à une chaleur rouge : sans cette condition, l'eau se réduit simplement en vapeurs, et elle se condense ensuite par le réfroidissement, sans avoir éprouvé la moindre altération : à une chaleur rouge au contraire, le fer et le charbon enlèvent l'oxygène à l'hydrogène; dans le premier cas il se forme de l'oxide noir de fer, et l'hydrogène se dégage libre et pur sous la forme de gaz; dans le second il se forme du gaz acide carbonique qui se dégage mêlé avec le gaz hydrogène, et ce dernier est communément carbonisé.

On se sert avec avantage, pour décomposer l'eau par le fer, d'un canon de fusil dont on ôte la culasse. On trouve aisément de ces sortes

de canons chez les marchands de féraille. On doit choisir les plus longs et les plus forts : lorsqu'ils sont trop courts et qu'on craint que les luts ne s'échauffent trop, on y fait souder en soudure forte un bout de tuyau de cuivre. On place ce tuyau de fer dans un fourneau allongé CDEF, *pl. VII*, *fig.* 11, en lui donnant une inclinaison de quelques degrés de E en F : cette inclinaison doit être un peu plus grande qu'elle n'est présentée dans la *fig.* 11. On adapte à la partie supérieure E de ce tuyau, une cornue de verre qui contient de l'eau et qui est placée sur un fourneau VVXX. On le lutte par son extrémité inférieure F avec un serpentin SS', qui s'adapte lui-même avec un flacon tubulé H, où se rassemble l'eau qui a échappé à la décomposition. Enfin le gaz qui se dégage est porté à la cuve où il est reçu sous des cloches par le tube K K adapté à la tubulure K du flacon H. Au lieu de la cornue A, on peut employer un entonnoir fermé d'un robinet par le bas, et par lequel on laisse couler l'eau goutte à goutte. Sitôt que cette eau est parvenue à la partie où le tube est échauffé, elle se vaporise, et l'expérience a lieu de la même manière que si elle étoit fournie en vapeurs par le moyen de la cornue A.

Dans l'expérience que nous avons faite, M.

M. Meusnier et moi, en présence des commissaires de l'Académie, nous n'avions rien négligé pour obtenir la plus grande précision possible dans les résultats; nous avions même porté le scrupule jusqu'à faire le vide dans les vaisseaux avant de commencer l'expérience, afin que le gaz hydrogène que nous obtiendrions fût exempt de mélange de gaz azote. Nous rendrons compte à l'Académie, dans un très-grand détail, des résultats que nous avons obtenus.

Dans un grand nombre de recherches, on est obligé de substituer au canon de fusil des tubes de verre, de porcelaine ou de cuivre. Mais les premiers ont l'inconvénient d'être faciles à fondre: pour peu que l'expérience ne soit pas bien ménagée, le tube s'applatit et se déforme. Les tubes de porcelaine sont la plupart percés d'une infinité de petits trous imperceptibles par lesquels le gaz s'échappe, surtout s'il est comprimé par une colonne d'eau. C'est ce qui m'a déterminé à me procurer un tube de cuivre rouge, que M. de la Briche a bien voulu faire couler plein et faire forer sous ses yeux à Strasbourg. Ce tube est très-commode pour opérer la décomposition de l'alkool: on sait en effet qu'exposé à une chaleur rouge, il se résout en carbone, en gaz acide

carbonique et en gaz hydrogène. Ce même tube peut également servir à la décomposition de l'eau par le carbone, et à un grand nombre d'expériences.

§ V.

De la préparation et de l'emploi des Luts.

Si dans un tems où l'on perdoit une grande partie des produits de la distillation, où l'on ne tenoit aucun compte de tout ce qui se séparoit sous forme de gaz, en un mot, où l'on ne faisoit aucune expérience exacte et rigoureuse, on sentoit déjà la nécessité de bien luter les jointures des appareils distillatoires; combien cette opération manuelle et mécanique n'est-elle pas devenue plus importante, depuis qu'on ne se permet plus de rien perdre dans les distillations et dans les dissolutions; depuis qu'on exige qu'un grand nombre de vaisseaux réunis ensemble se comportent comme s'ils n'étoient que d'une seul pièce, et comme s'ils étoient hermétiquement fermés; enfin depuis qu'on est plus satisfait des expériences, qu'autant que la forme du poids des produits obtenus est égale à celui des métaux mis en expérience?

La première condition qu'on exige de tout lut destiné à fermer les jointures des vaisseaux, est

d'être aussi imperméable que le verre lui-même ; de manière qu'aucune matière, si subtile qu'elle soit, à l'exception du calorique, ne puisse le pénétrer. Une livre de cire fondue avec une once et demie ou deux onces de térébenthine, remplissent très-bien ce premier objet; il en résulte un lut facile à manier, qui s'attache fortement au verre et qui ne se laisse pas facilement pénétrer : on peut lui donner plus de consistance et le rendre plus ou moins dur, plus ou moins sec, plus ou moins souple, en y ajoutant différentes résines. Cette classe de luts a l'avantage de pouvoir se ramolir par la chaleur ; ce qui les rend commodes pour fermer promptement les jointures des vaisseaux : mais, quelque parfaits qu'ils soient pour contenir les gaz et les vapeurs, il s'en faut bien qu'ils puissent être d'un usage général. Dans presque toutes les opérationsc himiques, les luts sont exposés à une chaleur considérable et souvent supérieure au degré de l'eau bouillante ; or à ce degré les résines se ramollissent, elles deviennent presque liquides, les vapeurs expansives contenues dans les vaisseaux se font bientôt jour et bouillonnent à travers.

On a donc été obligé d'avoir recours à des matières plus propres à résister à la chaleur, et voici le lut auquel les Chimistes se sont arrêtés

après beaucoup de tentatives ; non pas qu'il n'ait quelques inconvéniens, comme je le dirai bientôt, mais parce qu'à tout prendre c'est encore celui qui réunit le plus d'avantages. Je vais donner quelques détails sur sa préparation et sur-tout sur son emploi : une longue expérience en ce genre m'a mis en état d'applanir aux autres un grand nombre de difficultés.

L'espèce de lut dont je parle dans ce moment, est connue des Chimistes sous le nom de lut gras. Pour le préparer on prend de l'argile non cuite, pure et très-sèche ; on la réduit en poudre fine, et on la passe au tamis de soie. On la met ensuite dans un mortier de fonte, et on la bat pendant plusieurs heures à coups redoublés avec un lourd pilon de fer, en l'arrosant peu-à-peu avec de l'huile de lin cuite, c'est à-dire, avec de l'huile de lin qu'on a oxygénée et rendue siccative par l'addition d'un peu de litharge. Ce lut est encore meilleur et plus ténace, il s'attache mieux au verre quand, au lieu d'huile grasse ordinaire, on emploie du vernis gras au succin. Ce vernis n'est autre chose qu'une dissolution de succin ou ambre jaune dans de l'huile de lin ; mais cette dissolution n'a lieu qu'autant que le succin a été préalablement fondu seul : il perd dans cette opération préalable un peu d'acide succinique et

un peu d'huile. Le lut fait avec le vernis gras est, comme je l'ai dit, un peu préférable à celui fait avec de l'huile de lin seule ; mais il est beaucoup plus cher, et l'excédent de qualité qu'on acquiert, n'est pas en proportion de l'excédent du prix : aussi est-il rarement employé.

Le lut gras résiste très-bien à un degré de chaleur même assez violent : il est imperméable aux acides et aux liqueurs spiritueuses : il prend bien sur les métaux, sur le grès, sur la porcelaine et sur le verre, mais pourvu qu'ils ayent été préalablement bien séchés. Si par malheur dans le cours d'une opération, la liqueur en distillation s'est fait jour et qu'il ait pénétré quelque peu d'humidité, soit entre le verre et le lut, soit entre différentes couches même du lut, il est d'une extrême difficulté de reboucher les ouvertures qui se sont formées ; et c'est un des principaux inconvéniens, peut-être le seul que présente l'usage du lut gras.

La chaleur ramollit ce lut, et même au point de le faire couler ; il a besoin en conséquence d'être contenu. Le meilleur moyen est de le recouvrir avec des bandes de vessie, qu'on mouille et qu'on tortille tout autour. On fait ensuite une ligature avec de gros fil au-dessus et au-dessous du lut, puis on passe par-dessus le lut même et par conséquent par dessus la vessie

qui le recouvre, un grand nombre de tours de fil : un lut arrangé avec ces précautions, est à l'abri de tout accident.

Très-souvent la figure des jointures des vaisseaux ne permet pas d'y faire une ligature, et c'est ce qui arrive au col des bouteilles à trois gouleaux : il faut d'ailleurs beaucoup d'adresse pour serrer suffisamment le fil sans ébranler l'appareil, et dans les expériences où les luts sont très-multipliés, on en dérangeroit souvent plusieurs pour en arranger un seul. Alors on substitue à la vessie et à la ligature, des bandes de toile imbibées de blanc d'œuf dans lequel on a délayé de la chaux. On applique sur le lut gras les bandes de toile encore humides ; en peu de tems elles se sèchent et acquièrent une assez grande dureté. On peut appliquer ces mêmes bandes sur les luts de cire et de résine. De la colle forte délayée dans de l'eau, peut suppléer au blanc d'œuf.

La première attention qu'on doit avoir avant d'appliquer un lut quelconque sur les jointures des vaisseaux est de les asseoir et de les assujettir solidement, de manière qu'ils ne puissent se prêter à aucun mouvement. Si c'est le col d'une cornue qu'on veut luter à celui d'un récipient, il faut qu'il y entre à peu-près juste ; s'il y a un peu de jeu, il faut assujettir les deux

vaisseaux en introduisant entre leurs cols de petits morceaux forts courts d'alumettes ou de bouchon. Si la disproportion des deux cols est trop grande, on choisit un bouchon qui entre juste dans le col du matras ou récipient; on fait au milieu de ce bouchon un trou rond de la grosseur nécessaire pour recevoir le col de la cornue.

La même précaution est nécessaire à l'égard des tubes recourbés, qui doivent être lutés à des gouleaux de bouteille, comme dans la *pl. IV*, *fig.* 1. On commence par choisir un bouchon qui entre juste dans le gouleau; puis on le perce d'un trou avec une lime d'une espèce nommée *queue de rat*. *Voyez* une de ces limes représentée *pl. I*, *fig.* 16. Quand un même gouleau est destiné à recevoir deux tubes, ce qui arrive très-souvent, sur-tout à défaut de bouteilles à deux et à trois gouleaux, on perce le bouchon de deux et de trois trous, pour qu'il puisse recevoir deux ou trois tubes. On voit un de ces bouchons représenté *pl. IV*, *fig.* 8.

Ce n'est que lorsque l'appareil est ainsi solidement assujetti et de manière à ce qu'aucune partie n'en puisse jouer, qu'on doit commencer à luter. On ramollit d'abord à cet effet le lut, en le pétrissant; quelquefois même, sur-tout en hiver, on est obligé de le faire légèrement

chauffer : on le roule ensuite entre les doigts, pour le réduire en petits cylindres qu'on applique sur les vases qu'on veut luter, en ayant soin de les appuyer et de les applatir sur le verre, afin qu'ils y contractent de l'adhérence. A un premier petit cylindre on en ajoute un second, qu'on applatit également, mais de manière que son bord empiète sur le précédent, et ainsi de suite. Quelque simple que soit cette opération, il n'est pas donné à tout le monde de la bien faire, et il n'est pas rare de voir les personnes peu au fait, recommencer un grand nombre de fois des luts sans succès, tandis que d'autres y réussissent avec certitude et dès la première fois. Le lut fait, on le recouvre, comme je l'ai dit, avec de la vessie bien ficelée et bien serrée, ou avec des bandes de toiles imbibées de blanc d'œuf et de chaux. Je répéterai encore qu'il faut bien prendre garde, en faisant un lut et sur-tout en le ficelant, d'ébranler tous les autres ; autrement on détruiroit son propre ouvrage, et on ne parviendroit jamais à clore les vaisseaux.

On ne doit jamais commencer une expérience, sans avoir essayé préalablement les luts. Il suffit pour cela, ou de chauffer très-légèrement la cornue A, *pl. IV, fig.* 1, ou de souffler de l'air par quelques-uns des tubes *s s' s'' s'''* ; le chan-

gement de pression qui en résulte, doit changer le niveau de la liqueur dans tous les tubes ; mais si l'appareil perd air de quelque part, la liqueur se remet bientôt à son niveau ; elle reste au contraire constamment, soit au-dessus, soit au dessous, si l'appareil est bien fermé.

On ne doit pas oublier que c'est de la maniere de lutter, de la patience, de l'exactitude qu'on y apporte, que dépendent tous les succès de la Chimie moderne : il n'est donc point d'opération qui demande plus de soin et d'attention.

Ce seroit un grand service à rendre aux Chimistes et sur-tout aux Chimistes pneumatiques, que de les mettre en état de se passer de luts, ou du moins d'en diminuer considérablement le nombre. J'avois d'abord pensé à faire construire des appareils dont toutes les parties fussent bouchées à frottement, comme les flacons bouchés en cristal ; mais l'exécution m'a présenté d'assez grandes difficultés. Il m'a paru préférable de suppléer aux luts par le moyen de colonnes de mercure, de quelques lignes de hauteur. Je viens de faire exécuter dans cette vue un appareil dont je vais donner la description, et dont l'usage me paroît pouvoir être utile et commode dans un grand nombre de circonstances.

Il consiste dans une bouteille A, *planche XII*, *figure* 12, à double gouleau ; l'un intérieure *bc*, communique avec le dedans de la bouteille ; l'autre extérieur *de*, qui laisse un intervalle entre lui et le précédent, et qui forme tout autour une profonde rigole *db*, *ce*, destinée à recevoir du mercure. C'est dans cette rigole qu'entre et s'ajuste le couvercle du verre B. Il a par le bas des échancrures pour le passage des tubes de verre destinés au dégagement des gaz. Ces tubes, au lieu de prolonger directement dans la bouteille A, comme dans les appareils ordinaires, se contournent auparavant, comme on le voit *figure* 13, pour s'enfoncer dans la rigole, et pour passer par-dessous les échancrures du couvercle B : ils remontent ensuite pour entrer dans la bouteille, en passant par-dessus les bords du gouleau intérieur.

Il est aisé de voir que, lorsque les tubes ont été mis en place, que le couvercle B a été solidement assujetti, et que la rigole *d b*, *c e* a été remplie de mercure, la bouteille se trouve fermée et ne communique plus à l'extérieur que par les tubes.

Un appareil de cette espèce sera très-commode dans un grand nombre d'expériences ; mais on ne pourra le mettre en usage que dans

la distillation des matières, qui n'ont point d'action sur le mercure.

M. Séguin, dont les secours actifs et intelligens m'ont été si souvent utiles, a même déjà commandé dans les verreries des cornues jointes hermétiquement à des récipiens ; en sorte qu'il seroit possible de parvenir à n'avoir plus aucun lut. On voit, *planche XII*, *fig.* 14, un appareil monté d'après les principes que je viens d'exposer.

CHAPITRE VII.

Des opérations relatives à la Combustion proprement dite et à la Détonation.

LA combustion n'est autre chose, d'après ce qui a été exposé dans la première partie de cet Ouvrage, que la décomposition du gaz oxygène opérée par un corps combustible. L'oxygène qui forme la base de ce gaz est absorbé, le calorique et la lumière deviennent libres et se dégagent. Toute combustion entraîne donc avec elle l'idée d'oxygénation, tandis qu'au contraire l'oxygénation n'entraîne pas essentiellement l'idée de combustion, puisque la combustion proprement dite ne peut avoir lieu sans un dégagement de lumière et de calorique. Il faut, pour que la combustion s'opère, que la base du gaz oxygène ait plus d'affinité avec le corps combustible, qu'elle n'en a avec le calorique : or cette attraction élective, pour me servir de l'expression de Bergman, n'a lieu qu'à un certain degré de température, qui même est différent pour chaque substance combustible ; delà la nécessité de donner le premier mouvement à la combustion par l'approche d'un corps chaud.

Cette nécessité d'échauffer le corps qu'on se propose de brûler, tient à des considérations qui n'ont encore fixé l'attention d'aucun Physicien, et auxquelles je demande la permission de m'arrêter quelques instans ; on verra qu'elles ne s'éloignent pas de mon sujet.

L'état actuel où nous voyons la nature est un état d'équilibre auquel elle n'a pu arriver, qu'après que toutes les combustions spontanées possibles au degré de chaleur dans lequel nous vivons, toutes les oxygénations possibles ont eu lieu. Il ne peut donc y avoir de nouvelles combustions ou oxygénations, qu'autant qu'on sort de cet état d'équilibre et qu'on transporte les substances combustibles dans une température plus élevée. Eclaircissons par un exemple ce que cet énoncé peut présenter d'abstrait. Supposons que la température habituelle de la terre changeât d'une très petite quantité, et qu'elle devînt seulement égale à celle de l'eau bouillante : il est évident que le phosphore étant combustible beaucoup au-dessous de ce degré, cette substance n'existeroit plus dans la nature dans son état de pureté et de simplicité, elle se présenteroit toujours dans l'état d'acide, c'est à-dire oxygénée, et son radical seroit au nombre des substances inconnues. Il en seroit successivement de même de tous les corps com-

bustibles, si la température de la terre devenoit de plus en plus élevée ; et on arriveroit enfin à un point où toutes les combustions possibles seroient épuisées, où il ne pourroit plus exister de corps combustibles, où tous seroient oxygénés et par conséquent incombustibles.

Revenons donc à dire qu'il ne peut y avoir pour nous de corps combustibles, que ceux qui sont incombustibles au degré de température dans lequel nous vivons ; ou ce qui veut dire la même chose en d'autres termes, qu'il est de l'essence de tout corps combustible de ne pouvoir jouir de la propriété combustible, qu'autant qu'on l'échauffe et qu'on le transporte au degré de chaleur où s'opère sa combustion. Ce degré une fois atteint, la combustion commence, et le calorique qui se dégage par l'effet de la décomposition du gaz oxygène, entretient le degré de température nécessaire pour la continuer. Lorsqu'il en est autrement, c'est-à-dire, lorsque le calorique fourni par la décomposition du gaz oxygène n'est pas suffisant pour que le degré de chaleur nécessaire à la combustion se continue, elle cesse : c'est ce qu'on exprime lorsqu'on dit que le corps brûle mal, qu'il est difficilement combustible.

Quoique la combustion ait quelque chose de commun avec la distillation, sur-tout avec la

distillation composée, elle en diffère cependant en un point essentiel. Il y a bien dans la distillation séparation d'une partie des principes du corps que l'on y soumet, et combinaison de ces mêmes principes dans un autre ordre, déterminé par les affinités qui ont lieu à la température à laquelle s'est opérée la distillation ; mais il y a plus dans la combustion, il y a addition d'un nouveau principe, l'oxygène, et dissipation d'un autre principe, le calorique.

C'est cette nécessité d'employer l'oxygène dans l'état de gaz et d'en déterminer rigoureusement les quantités, qui rend si embarrassantes les expériences relatives à la combustion. Une autre difficulté inséparable de ces opérations, tient à ce que les produits qu'elles fournissent se dégagent presque toujours dans l'état de gaz : si donc il est difficile de retenir et de rassembler les produits de la distillation, il l'est bien davantage de recueillir ceux de la combustion ; aussi aucun des anciens Chimistes n'en a-t-il eu la prétention, et ce genre d'expérience appartient il absolument à la Chimie moderne.

Après avoir rappelé d'une manière générale le but qu'on doit se proposer dans les différentes expériences relatives à la combustion, je passe à la description des différens appareils que j'ai imaginés dans cette vue. Je n'adopterai dans

les articles qui composeront ce Chapitre, aucune division relative à la nature des combustibles; je les classerai relativement à la nature des appareils qui conviennent à leur combustion.

§ I.

De la Combustion du Phosphore et du Charbon.

J'ai déjà décrit, page 57 du tome premier, les appareils que j'ai employés pour la combustion du charbon et du phosphore. Cependant, comme j'avois alors plutôt en vue de donner une idée du résultat de ces combustions, que d'enseigner le détail des procédés nécessaires pour les obtenir, je ne me suis peut-être pas assez étendu sur la manipulation relative à ce genre d'expériences.

On commence, pour opérer la combustion du phosphore ou du charbon, par remplir de gaz oxygène dans l'appareil pneumato-chimique à l'eau, *pl. V*, *fig.* 1, une cloche de six pintes au moins de capacité. Lorsqu'elle est pleine à raz et que le gaz commence à dégorger par-dessous, on transporte cette cloche A sur l'appareil au mercure, *pl. IV*, *fig.* 3, à l'aide d'un vaisseau de verre ou de faïence très plat, qu'on passe par-dessous. Cette opération faite, on sèche bien avec du papier gris la surface du mercure,

mercure, tant dans l'intérieur qu'à l'extérieur de la cloche. Cette opération demanda quelques précautions : si on n'avoit pas l'attention de plonger le papier gris pendant quelque tems entièrement sous le mercure avant de l'introduire sous la cloche, on y feroit passer de l'air commun qui s'attache avec beaucoup de ténacité au papier.

On a d'un autre côté une petite capsule D, de fer ou de porcelaine plate et évasée, sur laquelle on place le corps qu'on veut brûler, après en avoir très-exactement déterminé le poids à la balance d'essai ; on recouvre ensuite cette capsule d'une autre un peu plus grande P, qui fait à son égard l'office de la cloche du plongeur, et on fait passer le tout à travers le mercure : après quoi on retire à travers le mercure la capsule P qui ne servoit en quelque façon que de couvercle. On peut éviter l'embarras et la difficulté de faire passer les matières à travers le mercure, en soulevant un des côtés de la cloche pendant un instant presqu'indivisible, et en introduisant ainsi, par le passage qu'on s'est ménagé, la capsule avec le corps combustible. Il se mêle dans cette seconde manière d'opérer un peu d'air commun avec le gaz oxygène ; mais ce mélange qui est peu considérable, ne nuit ni au succès, ni à l'exactitude de l'expérience.

Lorsque la capsule D, *pl. IV, fig.* 3, est introduite sous la cloche, on suce une partie du gaz oxygène qu'elle contient pour élever le mercure jusqu'en E F. Sans cette précaution, dès que le corps combustible seroit allumé, la chaleur dilateroit l'air ; elle en feroit passer une portion par-dessous la cloche, et on ne pourroit plus faire aucun calcul exact sur les quantités. On se sert, pour sucer l'air, d'un siphon G H I, qu'on passe par-dessous la cloche ; et pour qu'il ne s'emplisse pas de mercure, on tortille à son extrémité I un petit morceau de papier.

Il y a un art pour élever ainsi en suçant une colonne de mercure à une hauteur de plusieurs pouces au-dessus de son niveau ; si on se contentoit d'aspirer l'air avec le poumon, on n'atteindroit qu'à une très-médiocre élévation, par exemple, d'un pouce ou d'un pouce et demi tout au plus; encore n'y parviendroit-on qu'avec de grands efforts ; tandis que par l'action des muscles de la bouche on peut élever sans se fatiguer, ou au mois sans risquer de s'incommoder, le mercure jusqu'à six à sept pouces. Un moyen plus commode encore est de se servir d'une petite pompe que l'on adapte au siphon G H I ; on élève alors le mercure à telle hauteur qu'on le juge à propos, pourvu qu'elle n'excède pas 28 pouces.

Si le corps combustible est fort inflammable, comme le phosphore, on l'allume avec un fer recourbé M N, *pl. IV*, *fig.* 16, qu'on fait rougir au feu, et qu'on passe brusquement sous la cloche; dès qu'il est en contact avec le phosphore, ce dernier s'allume. Pour les corps moins combustibles, tels que le fer, quelques autres métaux, le charbon, etc., on se sert d'un petit fragment d'amadoue sur lequel on place un atôme de phosphore; on allume également ce dernier avec un fer rouge recourbé; l'inflammation se communique à l'amadoue, puis au corps combustible.

Dans le premier instant de la combustion, l'air se dilate et le mercure descend; mais lorsqu'il n'y a point de fluide élastique formé, comme dans la combustion du fer et du phosphore, l'absorption devient bientôt sensible, et le mercure remonte très haut dans la cloche. Il faut en conséquence avoir attention de ne point brûler une trop grande quantité du corps combustible dans une quantité donnée d'air; autrement la capsule, vers la fin de la combustion, s'approcheroit trop du dôme de la cloche, et la grande chaleur pourroit en occasionner la fracture.

J'ai indiqué, chapitre II, paragraphes V et VI, les opérations relatives à la mesure du volume

des gaz, les corrections qu'il faut faire à ce volume, relativement à la hauteur du baromètre et au degré du thermomètre; je n'ajouterai rien de plus à cet égard; l'exemple sur-tout que j'ai cité, page 59, étoit précisément tiré de la combustion du phosphore.

Le procédé que je viens de décrire peut être employé avec succès pour la combustion de toutes les substances concrètes, et même pour celle des huiles fixes. On brûle ces dernières dans les lampes, et on les allume avec assez de facilité sous la cloche, par le moyen du phosphore, de l'amadoue et d'un fer chaud; mais ce moyen n'est pas sans dangers pour les substances qui sont susceptibles de se vaporiser à un degré de chaleur médiocre, telles que l'éther, l'esprit-de-vin, les huiles essentielles. Ces substances volatiles se dissolvent en assez grande quantité dans le gaz oxygène; quand on allume, il se fait une détonation subite qui enlève la cloche à une grande hauteur et qui la brise en éclats. J'ai éprouvé deux de ces détonations, dont des membres de l'Académie ont pensé, ainsi que moi, être les victimes. Cette manière d'opérer a d'ailleurs un grand inconvénient: elle suffit bien pour déterminer avec quelque exactitude la quantité de gaz oxygène absorbé, et celle d'acide carbonique qui s'est formé; mais

ces produits ne sont pas les seuls qui résultent de la combustion : il se forme de l'eau toutes les fois qu'on opère sur des matières végétales ou animales, parce qu'elles contiennent toutes de l'hydrogène en excès ; or l'appareil que je viens de décrire, ne permet ni de la rassembler, ni d'en déterminer la quantité. Enfin, même pour l'acide phosphorique, l'expérience est incomplète, puisqu'il n'est pas possible de démontrer dans cette manière d'opérer, que le poids de l'acide est égal à la somme du poids du phosphore et de celui du gaz oxygène absorbé. Je me suis donc trouvé obligé de varier, suivant les cas, les appareils relatifs à la combustion, et d'en employer plusieurs de différentes espèces, dont je vais donner successivement une idée : je commence par celui destiné à la combustion du phosphore.

On prend un grand ballon de verre blanc ou de cristal A, *pl. IV*, *fig.* 4, dont l'ouverture E F doit avoir deux pouces et demi à trois pouces de diamètre. Cette ouverture se recouvre avec une plaque de cuivre jaune ou laiton usée à l'émeri, et qui est percée de deux trous pour le passage des tuyaux $x\,x\,x$, $y\,y\,y$.

Avant de fermer le ballon avec sa plaque, on introduit dans son intérieur un support B C surmonté d'une capsule D de porcelaine, sur

laquelle on place le phosphore. On lute ensuite la plaque de cuivre au ballon en E F avec du lut gras qu'on recouvre avec des bandes de linge imbibées de blanc d'œuf et saupoudrées de chaux. On laisse sécher pendant plusieurs jours, puis on pèse le tout avec une bonne balance. Ces préparatifs achevés, on adapte une pompe pneumatique au tuyau *x x x*, et on fait le vide dans le ballon : après quoi on introduit du gaz oxygène par le tuyau *y y y*, au moyen du gazomètre représenté *pl. VIII*, *fig.* 1, et dont j'ai donné la description, Chapitre II, paragraphe II. On allume ensuite le phosphore avec un verre ardent, et on le laisse brûler jusqu'à ce que le nuage d'acide phosphorique concret qui se forme arrête la combustion. Alors on délute et on pèse le ballon. Le poids, déduction faite de la tarre, donne celui de l'acide phosphorique qu'il contient. Il est bon, pour plus d'exactitude, d'examiner l'air ou le gaz contenu dans le ballon après la combustion, parce qu'il peut être plus ou moins pesant que l'air ordinaire, et qu'il faut tenir compte dans les calculs relatifs à l'expérience, de cette différence de pesanteur.

Les mêmes motifs qui m'ont engagé à construire un appareil particulier pour la combustion du phosphore, m'ont déterminé de pren-

dre le même parti à l'égard du charbon. Cet appareil consiste en un petit fourneau conique fait en cuivre battu, représenté en perspective, *pl. XI. fig.* 9, et vu intérieurement, *fig.* 11. On y distingue le fourneau proprement dit ABC, où doit se faire la combustion du charbon, la grille *d e*, et le cendrier F. Au milieu du fourneau est un tuyau G H, par lequel on introduit le charbon, et qui sert en même tems de cheminée pour évacuer l'air qui a servi à la combustion.

C'est par le tuyau *l m n*, qui communique avec le gazomètre, qu'est amené l'air qui est destiné à entretenir la combustion; cet air se répand dans la capacité du cendrier F, et la pression qui lui est communiquée par le gazomètre, l'oblige à passer par la grille *d e*, et à souffler les charbons qui sont posés immédiatement dessus.

Le gaz oxygène qui entre pour les $\frac{28}{100}$ dans la composition de l'air de l'atmosphère, se convertit, comme l'on sait, en gaz acide carbonique dans la combustion du charbon. Le gaz azote au contraire, ne change point d'état; il doit donc rester, après la combustion, un mélange de gaz azote et de gaz acide carbonique. Pour donner issue à ce mélange, on a adapté à la cheminée GH, un tuyau *o p* qui s'y visse en G, de manière à ne laisser échapper aucune portion d'air. Le

mélange des deux gaz est conduit par ce tuyau à des bouteilles remplies de potasse en liqueur et bien dépouillée d'acide carbonique, à travers laquelle il bouillonne. Le gaz acide carbonique est absorbé par la potasse, et il ne reste que du gaz azote qu'on reçoit dans un second gazomètre pour en déterminer la quantité.

Une des difficultés que présente l'usage de cet appareil, est d'allumer le charbon et de commencer la combustion : voici le moyen d'y parvenir. Avant d'emplir de charbon le fourneau ABC, on en détermine le poids avec une bonne balance, et de manière à être sûr de ne point commettre une erreur de plus d'un ou deux grains ; on introduit ensuite dans la cheminée GH, le tuyau RS, *fig.* 10, dont le poids doit également avoir été bien déterminé. Ce tuyau est creux et ouvert par les deux bouts : son extrémité S doit descendre jusqu'au fond du fourneau ; elle doit porter sur la grille *de*, et l'occuper toute entière. Ce n'est qu'après que le tuyau R S a été ainsi placé, qu'on introduit le charbon dans le fourneau. On le pèse alors de nouveau, pour connoître la quantité de charbon qui y a été introduite. Ces opérations préliminaires achevées, on met en place le fourneau, on visse le tuyau *l m n*, *fig.* 9, avec celui qui communique avec le gazomètre ; on visse le

tuyau *o p* avec celui qui conduit aux bouteilles remplies de potasse : enfin au moment où l'on veut commencer la combustion, on ouvre le robinet du gazomètre, et on jette un petit charbon allumé par l'extrémité R du tuyau R S ; ce charbon tombe sur la grille où le courant d'air le maintient allumé. Alors on retire promptement le tuyau RS ; on visse à la cheminée le tuyau *o p* destiné à évacuer l'air, et on continue la combustion. Pour être assuré qu'elle est vraiment commencée et que l'opération a réussi, on a ménagé un tuyau *q r s* garni à son extrémité *s* d'un verre mastiqué, à travers lequel on peut voir si le charbon est allumé. J'oubliois d'observer que ce fourneau et ses dépendances sont plongés dans un espèce de baquet allongé TVXY, *fig.* 11, qui est rempli d'eau et même de glace, afin de diminuer autant que l'on veut, la chaleur de la combustion. Cette chaleur, au surplus, n'est jamais très-vive, parce qu'il ne peut y avoir de combustion qu'en proportion de l'air qui est fourni par le gazomètre, et qu'il n'y a d'ailleurs de charbon qui brûle que celui qui porte immédiatement sur la grille. A mesure qu'une molécule de charbon est consommée, il en retombe une autre en vertu de l'inclinaison des parois du fourneau ; elle se présente au cou-

rant d'air qui traverse la grille *d e*, et elle brûle comme la première.

Quant à l'air qui a servi à la combustion, il traverse la masse de charbon qui n'a pas encore brûlé, et la pression exercée par le gazomètre, l'oblige de s'échapper par le tuyau *o p*, et de traverser les bouteilles remplies d'alkali.

On voit que dans cette expérience, on a toutes les données nécessaires pour obtenir une analyse complète de l'air atmosphérique et du charbon. En effet, on connoît le poids du charbon; on a, par le moyen du gazomètre, la mesure de la quantité d'air employée à la combustion; on peut déterminer la qualité et la quantité de celui qui reste après la combustion; on a le poids de la cendre qui s'est rassemblée dans le cendrier; enfin l'augmentation de poids des bouteilles qui contiennent la potasse en liqueur; donne la quantité d'acide carbonique qui s'est formé. On peut également connoître avec beaucoup de précision, par cette opération, la proportion de carbone et d'oxygène dont cet acide est composé.

Je rendrai compte dans les Mémoires de l'Académie, de la suite d'expériences que j'ai entreprises avec cet appareil sur tous les charbons végétaux et animaux. Il n'est pas difficile

de voir qu'avec très-peu de changemens on peut en faire une machine propre à observer les principaux phénomènes de la respiration.

§ II.

De la Combustion des Huiles.

Le charbon, au moins quand il est pur, étant une substance simple, l'appareil destiné à le brûler ne pouvoit pas être très-compliqué. Tout se réduisoit à lui fournir le gaz oxygène nécessaire à sa combustion, et à séparer ensuite d'avec le gaz azote le gaz acide carbonique qui s'étoit formé. Les huiles sont plus composées que le charbon, puisqu'elles résultent de la combinaison au moins de deux principes, le carbonne et l'hydrogène; il reste en conséquence, après qu'on les a brûlés dans l'air commun, de l'eau, du gaz acide carbonique et du gaze azote. L'appareil qu'on emploie pour ce genre d'expériences, doit avoir pour objet de séparer et de recueillir ces trois espèces de produits.

Je me sers, pour brûler les huiles, d'un grand bocal A, représenté *pl. XII*, *fig.* 4, et de son couvercle, *fig.* 5. Ce bocal est garni d'une virole de fer BCDE, qui s'applique exactement sur le bocal en DE, et qui y est solidement mastiquée. Cette virole prend un plus grand

diamètre en BC, et laisse entr'elle et les parois du bocal un intervalle ou rigole *xxxx*, qu'on remplit de mercure. Le couvercle représenté *figure* 5, a de son côté en *fg* une virole de fer qui s'ajuste dans la rigole *xxxx* du bocal, et qui plonge dans le mercure. Le bocal A peut par ce moyen se fermer en un instant hermétiquement et sans lut; et comme la rigole peut contenir une hauteur de mercure de deux pouces, on voit qu'on peut faire éprouver à l'air contenu dans le bocal une pression de plus de deux pieds d'eau, sans risquer qu'elle surmonte la résistance du mercure.

Le couvercle, *figure* 5, est percé de quatre trous destinés au passage d'un égal nombre de tuyaux. L'ouverture T est d'abord garnie d'une boëte à cuir, à travers laquelle doit passer la tige représentée *fig.* 3. Cette tige est destinée à remonter ou à descendre la méche de la lampe, comme je l'expliquerai ci-après; les trois autres trous *h*, *i*, *k*, sont destinés, savoir, le premier au passage du tuyau qui doit amener l'huile; le second au passage du tuyau qui doit amener l'air à la lampe pour contenir la combustion; le troisième au passage du tuyau qui doit donner issue à ce même air lorsqu'il a servi à la combustion.

La lampe destinée à brûler l'huile dans le

bocal, est représentée séparément, *figure* 2 de la même *planche* ; on y voit le réservoir à huile *a* avec une espèce d'entonnoir par lequel on le remplit ; le siphon *b c d e f g h*, qui fournit l'huile à la lampe ; le tuyau 7, 8, 9, 10, qui amène l'air du gazomètre à la même lampe.

Le tuyau *b c* est taraudé extérieurement dans sa partie inférieure *b*, et se visse dans un écrou contenu dans le couvercle du réservoir A ; par ce moyen, en tournant le réservoir, on peut le faire monter ou descendre et amener l'huile à la lampe, au niveau où on le juge à propos.

Quand on veut remplir le siphon et établir la communication entre l'huile du réservoir *a* et celle de la lampe 11, on ferme d'abord le robinet *e*, on ouvre celui *e*, et on verse de l'huile par l'ouverture *f*, qui est au haut du siphon. Dès qu'on voit paroître l'huile dans la lampe 11 à un niveau convenable, c'est-à dire à trois ou quatre lignes des bords, on ferme le robinet *k* ; on continue à verser de l'huile par l'ouverture *e*, pour remplir la branche *b c d*. Quand elle est remplie, on ferme le robinet *f*, et alors les deux branches du siphon étant pleines d'huile sans interruption, la communication du réservoir à la lampe est établie.

La *figure* 1, *même planche XII*, représente

la coupe de la lampe grossie pour rendre les détails plus frappans et plus sensibles. On y voit le tuyau *i k*, qui apporte l'huile ; *a a a a*, la capacité qu'occupe la mêche ; 9 et 10, le tuyau qui apporte l'air à la lampe : cet air se répand dans la capacité *d d d d d d*, puis il se distribue par le canal *cccc* et par celui *bbbb*, en-dedans et en-dehors de la mêche, à la manière des lampes d'Argand, Quinquet et Lange.

Pour faire mieux connoître l'ensemble de cet appareil, et pour que sa description même rende plus facile l'intelligence de tous les autres de même genre, je l'ai représenté tout entier en perspective, *planche XI*. On y voit le gazomètre P qui fournit l'air ; l'ajutage 1 et 2 par lequel il sort, et qui est garni d'un ronet 1, 2 et 3 ; un tuyau qui communique de ce premier gazomètre à un second, que l'on emplit pendant que le premier se vide, afin que l'émission de l'air se fasse sans interruption pendant tout le tems que doit durer l'opération ; 4 et 5, un tube de verre garni d'un sel déliquescent en morceaux médiocrement gros, afin que l'air, en se distribuant dans les interstices, y dépose une grande partie de l'eau qu'il tenoit en dissolution. Comme on connoît le poid du tube et celui du sel déliquescent qu'il contient,

il est toujours facile de connoître la quantité d'eau qu'il a absorbée.

Du tube 4 et 5 que je nommerai tube déliquescent, l'air est conduit à la lampe 11 par le tube 5, 6, 7, 8, 9, 10. Là il se divise; une partie vient alimenter la flamme par-dehors, l'autre par-dedans, à la manière des lampes d'Argand, Quinquet et Lange. Cet air, dont une partie a ainsi servi à la combustion de l'huile, forme avec elle en l'oxygénant du gaz acide carbonique et de l'eau. Une partie de cette eau se condense sur les parois du bocal A, une autre partie est tenue en dissolution dans l'air par la chaleur de la combustion: mais cet air qui est poussé par la pression qu'il reçoit du gazomètre, est obligé de passer par le tuyau 12, 13, 14 et 15, où il est conduit dans la bouteille 16 et dans le serpentin 17 et 18, où l'eau achève de se condenser à mesure que l'air se réfroidit. Enfin si quelque peu d'eau restoit encore en dissolution dans l'air, elle seroit absorbée par le sel déliquescent contenu dans le tube 19 et 20.

Toutes les précautions qu'on vient d'indiquer n'ont d'autre objet que de recueillir l'eau qui s'est formée, et d'en déterminer la quantité: il reste ensuite à évaluer l'acide carbonique et le gaz azote. On y parvient au moyen des bou-

teilles 22 et 25, qui sont à moitié remplies de potasse en liqueur et dépouillées d'acide carbonique par la chaux. L'air qui a servi à la combustion, y est conduit par les tuyaux, 20, 21, 23 et 24, et il y dépose le gaz acide carbonique qu'il contient. On n'a représenté dans cette figure, pour la simplifier, que deux bouteilles remplies de potasse en liqueur; mais il en faut beaucoup davantage, et je ne crois pas qu'on puisse en employer moins de neuf. Il est bon de mettre dans la dernière de l'eau de chaux, qui est le réactif le plus sûr et le plus sensible pour reconnoître l'acide carbonique: si elle ne se trouble pas, on peut être assuré qu'il ne reste pas de gaz acide carbonique dans l'air, du moins en quantité sensible.

Il ne faut pas croire que l'air qui a servi à la combustion, lorsqu'il a traversé les neuf bouteilles, ne contienne plus que du gaz azote; il est encore mêlé d'une assez grande quantité de gaz oxygène qui a échappé à la combustion. On fait passer ce mélange à travers un sel déliquescent contenu dans le tube de verre 28 et 29, afin de le dépouiller des portions d'eau qu'il auroit pu dissoudre en traversant les bouteilles de potasse et d'eau de chaux. Enfin on conduit le résidu d'air à un gazomètre par le tuyau 29 et 30: on en détermine la quantité;

quantité ; on en prend des échantillons qu'on essaye par le sulfure de potasse, afin de savoir la proportion de gaz oxygène et de gaz azote qu'il contient.

On sait que dans la combustion des huiles, la mèche se charbonne au bout d'un certain tems, et qu'elle s'obstrue. Il y a d'ailleurs une longueur déterminée de mèche qu'il faut atteindre, mais qu'il ne faut pas outre-passer, sans quoi il monte par les tuyaux capillaires de la mèche plus d'huile que le courant d'air n'en peut consommer, et la lampe fume. Il étoit donc nécessaire qu'on pût allonger ou raccourcir la mèche de dehors et sans ouvrir l'appareil : c'est à quoi on est parvenu, au moyen de la tige 31, 32, 33 et 34, qui passe à travers une boëte à cuir et qui répond au porte-mèche. On a donné à cette tige un mouvement très-doux, au moyen d'un pignon qui engraine dans une crémaillère. On voit cette tige et ses accessoires représentés séparément, *pl. XII*, *fig.* 3.

Il m'a semblé encore qu'en enveloppant la flamme de la lampe avec un petit bocal de verre ouvert par les deux bouts, la combustion en alloit mieux. Ce bocal est en place dans la *pl. XI*.

Je n'entrerai pas dans de plus grands détails sur la construction de cet appareil, qui est sus-

ceptible d'être changé et modifié de différentes manières. Je me contenterai d'ajouter que, lorsqu'on veut opérer, on commence par peser la lampe avec son réservoir et l'huile qu'elle contient; qu'on la met en place; qu'on l'allume; qu'après avoir donné de l'air en ouvrant le robinet du gazomètre, on place le bocal A; qu'on l'assujettit au moyen d'une petite planche BC, sur laquelle il repose, et de deux tiges de fer qui la traversent et qui se vissent au couvercle. Il y a de cette manière un peu d'huile brûlée pendant qu'on ajuste le bocal au couvercle, et l'on en perd le produit; il y a également une petite portion d'air qui s'échappe du gazomètre et qu'on ne peut recueillir; mais ces quantités sont peu considérables dans des expériences en grand; elles sont d'ailleurs susceptibles d'être évaluées.

Je rendrai compte dans les Mémoires de l'Académie, des difficultés particulières attachées à ce genre d'expérience, et des moyens de les lever. Ces difficultés sont telles, qu'il ne m'a pas encore été possible d'obtenir des résultats rigoureusement exacts pour les quantités. J'ai bien la preuve que les huiles fixes se résolvent entièrement en eau et en gaz acide carbonique; qu'elles sont composées d'hydrogène et

de carbone, mais je n'ai rien d'absolument certain sur les proportions.

§ III.

De la Combustion de l'Esprit-de-vin ou Alkool.

La combustion de l'alkool peut à la rigueur se faire dans l'appareil qui a été décrit ci-dessus pour la combustion du charbon et pour celle du phosphore. On place sous une cloche A, *pl. IV*, *fig.* 3, une lampe remplie d'alkool; on attache à la mèche un atôme de phosphore, et on allume avec un fer recourbé qu'on passe par-dessous la cloche : mais cette manière d'opérer est susceptible de beaucoup d'inconvéniens. Il seroit d'abord imprudent d'employer du gaz oxygène, par la crainte de la détonation : on n'est pas même entièrement exempt de ce risque, lorsqu'on emploie de l'air atmosphérique, et j'en ai fait, en présence de quelques membres de l'Académie, une preuve qui a pensé leur devenir funeste ainsi qu'à moi. Au lieu de préparer l'expérience comme j'étois dans l'habitude de le faire, au moment même où je devois opérer, je l'avois disposée dès la veille. L'air atmosphérique contenu dans la cloche, avoit eu en conséquence le tems de dissoudre de l'alkool : la vaporisation

de l'alkool avoit même été favorisée par la hauteur de la colonne de mercure que j'avois élevée en EF, *pl. IV, fig.* 3. En conséquence, au moment où je voulus allumer le petit morceau de phosphore et la lampe avec le fer rouge, il se fit une détonation violente qui enleva la cloche et qui la brisa en mille pièces contre le plancher du laboratoire. Il résulte de l'impossibilité où l'on est d'opérer dans du gaz oxygène, qu'on ne peut brûler par ce moyen que de très-petites quantités d'alkool, de 10 à 12 grains par exemple, et les erreurs qu'on peut commettre sur d'aussi petites quantités, ne permettent de prendre aucune confiance dans les résultats. J'ai essayé dans les expériences dont j'ai rendu compte à l'Académie (*Voyez Mém. Acad. année* 1784, *page* 593) de prolonger la durée de la combustion, en allumant la lampe d'alkool dans l'air ordinaire, et en refournissant ensuite du gaz oxygène sous la cloche à mesure qu'il s'en étoit consommé; mais le gaz acide carbonique qui se forme met obstacle à la combustion, d'autant plus que l'alkool est peu combustible et qu'il brûle difficilement dans de l'air moins bon que l'air commun; on ne peut donc encore brûler de cette manière que de très-petites quantités d'alkool.

Peut-être cette combustion réussiroit-elle

dans l'appareil représenté *pl. XI ;* mais je n'ai pas osé l'y tenter. Le bocal A où se fait la combustion, a environ 1400 pouces cubiques de capacité ; et s'il se faisoit une détonation dans un aussi grand vaisseau, elle auroit des suites terribles dont il seroit difficile de se garantir. Je ne renonce pas cependant à la tenter.

C'est par une suite de ces difficultés que je me suis borné jusqu'ici à des expériences très-en petit sur l'alkool, ou bien à des combustions faites dans des vaisseaux ouverts, comme dans l'appareil représenté *pl. IX*, *fig.* 5, dont je donnerai la description dans le paragraphe V de ce Chapitre.

Je répendrai dans d'autres tems la suite de ce travail, si du moins je puis parvenir à lever les obstacles qu'il m'a présentés jusqu'ici.

§ IV.

De la Combustion de l'Ether.

La combustion de l'éther en vaisseaux clos, ne comporte pas précisément les mêmes difficultés que celles de l'alkool ; mais elle en présente d'un autre genre qui ne sont pas moins difiles à vraincre, et qui m'arrêtent encore dans ce moment.

J'avois cru pouvoir profiter, pour opérer

cette combustion, de la propriété qu'a l'éther de se dissoudre dans l'air de l'atmosphère, et de le rendre inflammable sans détonation. J'ai fait construire, d'après cette idée, un réservoir à éther *abcd*, *pl. XII*, *fig.* 8, auquel l'air du gazomètre est amené par un tuyau 1, 2, 3, 4. Cet air se répand d'abord dans un double fond pratiqué à la partie supérieure *a c* du réservoir. Là il se distribue par sept tuyaux descendans *ef*, *g h*, *i k*, *etc.*, et la pression qu'il reçoit de la part du gazomètre, l'oblige de bouillonner à travers l'éther contenu dans le vase *a b c d*.

On peut, à mesure que l'éther est ainsi dissous et emporté par l'air, en rendre au réservoir *a b c d*, au moyen d'un réservoir supplémentaire E, porté par un tuyau de cuivre *o p*, de 15 à 18 pouces de haut, et qui se ferme au moyen d'un robinet. J'ai été obligé de donner une assez grande hauteur à ce tuyau, afin que l'éther qui est contenu dans le flacon E puisse vaincre la résistance occasionnée par la pression exercée par le gazomètre.

L'air ainsi chargé de vapeurs d'éther est repris par le tuyau 5, 6, 7, 8, 9, et conduit dans le bocal A, où il s'échappe par un ajutoir très-fin à l'extrémité duquel on l'allume. Ce même air, après avoir servi à la combustion, passe par la bouteille 16, *pl. XI*, par le serpentin 17

et 18, et par le tube déliquescent où il dépose l'eau dont il s'étoit chargé ; le gaz acide carbonique est ensuite absorbé par l'alkali contenu dans les bouteilles 22 et 25.

Je supposois, lorsque j'ai fait construire cet appareil, que la combinaison d'air atmosphérique et d'éther qui s'opère dans le réservoir *a b c d*, *pl. XII*, *fig.* 8, étoit dans la juste proportion qui convient à la combustion, et c'est en quoi j'étois dans l'erreur : il y a un excès d'éther très-considérable, et il faut en conséquence une nouvelle combinaison d'air atmosphérique pour opérer la combustion totale. Il en résulte qu'une lampe construite de cette manière brûle dans l'air ordinaire qui fournit la quantité d'oxygène manquante pour la combustion ; mais qu'elle ne peut brûler dans des vaisseaux où l'air ne se renouvelle pas. Aussi la lampe s'éteignoit-elle peu tems après qu'elle étoit enfermée dans le bocal A, *pl. XII*, *fig.* 8. Pour remédier à cet inconvénient, j'ai essayé d'amener à cette lampe de l'air atmosphérique par un tuyau latéral 9, 10, 11, 12, 13, 14 et 15 ; et je l'ai distribué circulairement autour de la mêche : mais quelque léger que fût le courant d'air, la flamme étoit si mobile, elle tenoit si peu à la mêche, qu'il suffisoit pour la souffler, en sorte que je n'ai point encore pu réussir à la

combustion de l'éther. Je ne désespère cependant pas d'y parvenir, au moyen de quelques changemens que je fais faire à cet appareil.

§ V.

De la Combustion du Gaz hydrogène et de la Formation de l'Eau.

La formation de l'eau a cela de particulier, que les deux substances qui y concourent, l'oxygène et l'hydrogène, sont l'une et l'autre dans l'état aériforme avant la combustion, et que l'une et l'autre se transforment par le résultat de cette opération, en une substance liquide qui est l'eau.

Cette combustion seroit donc fort simple et n'exigeroit pas des appareils fort compliqués, s'il étoit possible de se procurer des gaz oxygène et hydrogène parfaitement purs et qui fussent combustibles sans reste. On pourroit alors opérer dans de très-petits vaisseaux; et en y refournissant continuellement les deux gaz dans la proportion convenable, on continueroit indéfiniment la combustion. Mais jusqu'ici les Chimistes n'ont encore employé que du gaz oxygène mélangé de gaz azote. Il en a résulté qu'ils n'ont pu entretenir que pendant un tems limité et très-court la combustion du gaz

hydrogène dans des vaisseaux clos : et en effet, le résidu de gaz azote augmentant continuellement, la flamme s'affoiblit et elle finit par s'éteindre. Cet inconvénient est d'autant plus grand, que le gaz oxygène qu'on emploie est moins pur : il faut alors, ou cesser la combustion et se résoudre à n'opérer que sur de petites quantités, ou refaire le vide pour se débarrasser du gaz azote : mais dans ce dernier cas, on vaporise une portion de l'eau qui s'est formée, et il en résulte une erreur d'autant plus dangereuse, qu'on n'a pas de moyen sûr de l'apprécier.

Ces réflexions me font desirer de pouvoir répéter un jour les principales expériences de la Chimie pneumatique avec du gaz oxygène absolument exempt de mélange de gaz azote, et le sel muriatique oxygéné de potasse en fournit les moyens. Le gaz oxygène qu'on en retire ne paroît contenir de l'azote qu'accidentellement ; en sorte qu'avec des précautions, on pourra l'obtenir parfaitement pur. En attendant que j'aye pu reprendre cette suite d'expériences, voici l'appareil que nous avons employé, M. Meusnier et moi, pour la combustion du gaz hydrogène. Il n'y aura rien à y changer, lorsqu'on aura pu se procurer des gaz purs, si ce n'est qu'on pourra diminuer la capacité du vase où se fait la combustion.

J'ai pris un matras ou ballon à large ouverture A, *pl. IV*, *fig.* 5, et j'y ai adapté une platine BC, à laquelle étoit soudée une douille creuse de cuivre *g* FD, fermée par le haut et à laquelle venoient aboutir trois tuyaux. Le premier *d* D *d* se terminoit en *d'* par une ouverture très-petite et à peine capable de laisser passer une aiguille fine ; il communiquoit avec le gazomètre représenté *pl. VIII*, *fig.* 1, lequel étoit rempli de gaz hydrogène. Le tuyau opposé *g g* communiquoit avec un autre gazomètre tout semblable, qui étoit rempli de gaz oxygène : un troisième tuyau H *h* s'adaptoit à une machine pneumatique, pour qu'on pût faire le vide dans le ballon A ; enfin la platine BC étoit en outre percée d'un trou garni d'un tube de verre à travers lequel passoit un fil de métal *g* L, à l'extrémité duquel étoit adaptée une petite boule L de cuivre, afin qu'on pût tirer une étincelle électrique de L en *d'* et allumer ainsi le gaz hydrogène amené par le tuyau *d* D *d'*.

Pour que les deux gaz arrivassent aussi secs qu'il étoit possible, on avoit rempli deux tubes M M, N N d'un pouce et demi de diamètre environ, et d'un pied de longueur, avec de la potasse concrète bien dépouillée d'acide carbonique et concassée en morceaux assez gros pour que les gaz pussent passer librement entre

les interstices. J'ai éprouvé depuis, que du nitrate ou du muriate de chaux bien secs et en poudre grossière, étoient préférables à la potasse, et qu'ils enlevoient plus d'eau à une quantité donnée d'air.

Pour opérer avec cet appareil, on commence par faire le vide dans le ballon A, au moyen de la pompe pneumatique adaptée au tuyau F H *h*; après quoi on y introduit du gaz oxygène, en tournant le robinet *r* du tube *gg*. Le degré du limbe du gazomètre observé avant et après l'introduction du gaz, indique la quantité qui en est entré dans le ballon. On ouvre ensuite le robinet *s* du tube *d* D *d'* afin de faire arriver le gaz hydrogène; et aussitôt soit avec une machine électrique, soit avec une bouteille de Leyde, on fait passer une étincelle de la boule L à l'extrémité *d'* du tube par lequel se fait l'écoulement du gaz hydrogène, et il s'allume aussitôt. Il faut, pour que la combustion ne soit ni trop lente ni trop rapide, que le gaz hydrogène arrive avec une pression d'un pouce et demi à deux pouces d'eau, et que le gaz oxygène n'arrive au contraire, qu'avec trois lignes au plus de pression.

La combustion ainsi commencée, elle se continue; mais en s'affoiblissant, à mesure que la quantité de gaz azote qui reste de la combustion

des deux gaz augmente. Il arrive enfin un moment où la portion de gaz azote devient telle, que la combustion ne peut plus avoir lieu, et alors la flamme s'éteint. Il faut faire en sorte de prévenir cette extinction spontanée ; parce qu'au moyen de ce qu'il y a pression plus forte dans le réservoir de gaz hydrogène que dans celui de gaz oxygène, il se feroit un mêlange des deux dans le ballon, et que ce mêlange passeroit ensuite dans le réservoir de gaz oxygène. Il faut donc arrêter la combustion en fermant le robinet du tuyau *d* D *d'*, dès qu'on s'apperçoit que la flamme s'affoiblit à un certain point, et avoir une grande attention pour ne point se laisser surprendre.

A une première combustion ainsi faite, on peut en faire succéder une seconde, une troisième, etc. On refait alors le vide comme la première fois ; on remplit le ballon de gaz oxygène ; on ouvre le robinet du tuyau par lequel s'introduit le gaz hydrogène, et on allume par l'étincelle électrique.

Pendant toutes ces opérations, l'eau qui se forme, se condense sur les parois du ballon et ruisselle de toutes parts : elle se rassemble au fond, et il est aisé d'en déterminer le poids quand on connoît celui du ballon. Nous rendrons compte un jour, M. Meusnier et moi,

des détails de l'expérience que nous avons faite avec cet appareil, dans les mois de janvier et de février 1785, en présence d'une grande partie des membres de l'Académie. Nous avons tellement multiplié les précautions, que nous avons lieu de la croire exacte. D'après le résultat que nous avons obtenu, 100 parties d'eau en poids, sont composées de 85 d'oxygène et de 15 d'hydrogène.

Il est encore un autre appareil pour la combustion, avec lequel on ne peut pas faire des expériences aussi exactes qu'avec les précédens, mais qui présente un résultat très-frappant et très-propre à être présenté dans un cours de Physique et de Chimie. Il consiste dans un serpentin EF, *pl. IX. fig.* 5, renfermé dans un seau de métal ABCD. A la partie supérieure E du tuyau de ce serpentin, on adapte une cheminée GH composée d'un double tuyau; savoir, de la continuation du serpentin et d'un tuyau de fer-blanc qui l'environne. Ces deux tuyaux laissent entr'eux un intervalle d'un pouce environ, qu'on remplit avec du sable.

A l'extrémité inférieure du tuyau intérieur K, s'adapte un tube de verre, et au-dessous une lampe à esprit-de vin LM à la Quinquet.

Les choses ainsi préparées, et la quantité d'alkool contenue dsns la lampe, ayant été bien

déterminée, on allume. L'eau qui se forme pendant la combustion de l'alkool, s'élève par le tube KE; elle se condense dans le serpentin contenu dans le seau ABCD, et va ressortir en état d'eau par l'extrémité F du tube où elle est reçue dans une bouteille P.

La double enveloppe GH est destinée à empêcher que le tube ne se réfroidisse dans sa partie montante, et que l'eau ne s'y condense. Elle redescendroit le long du tube, sans qu'on pût en déterminer la quantité; il pourroit d'ailleurs en retomber sur la méche des gouttes, qui ne manqueroient pas de l'éteindre. L'objet de cet appareil est donc d'entretenir toujours chaude toute la partie GH que j'appelle la cheminée, et toujours froide au contraire, la partie qui forme le serpentin proprement dit; en sorte que l'eau soit toujours dans l'état de vapeurs dans la partie montante, et qu'elle se condense sitôt qu'elle est engagée dans la partie descendante. Cet appareil a été imaginé par M. Meusnier: j'en ai donné la description dans les Mémoires de l'Académie, année 1784, page 593 et 594. On peut, en opérant avec précaution, c'est-à-dire, en entretenant l'eau qui environne le serpentin, toujours froide, retirer près de 17 onces d'eau de la combustion de 16 onces d'esprit de-vin ou alkool.

§ VI.

De l'Oxidation des Métaux.

On désigne principalement par le nom de calcination ou oxidation, une opération dans laquelle les métaux exposés à un certain degré de chaleur se convertissent en oxides, en absorbant l'oxygène de l'air, Cette combinaison se fait en raison de ce que l'oxygène a plus d'affinité, du moins à un certain degré de température, avec les métaux, qu'il n'en a avec le calorique. En conséquence le calorique devient libre et se dégage: mais comme l'opération, lorsqu'elle se fait dans l'air commun, est successive et lente, le dégagement du calorique est peu sensible. Il n'en est pas de même, lorsque la calcination s'opére dans le gaz oxygène; elle se fait alors d'une manière beaucoup plus rapide, elle est souvent accompagnée de chaleur et de lumière; en sorte qu'on ne peut douter que les substances métalliques ne soient de véritables corps combustibles.

Les métaux n'ont pas tous le même degré d'affinité pour l'oxygène. L'or et l'argent, par exemple, et même la platine, ne peuvent l'enlever au calorique, à quelque degré de chaleur que ce soit. Quant aux autres métaux,

ils s'en chargent d'une quantité plus ou moins grande, et en général, ils en absorbent jusqu'à ce que ce principe soit en équilibre entre la force du calorique qui le retient, et celle du métal qui l'attire. Cet équilibre est une loi générale de la nature dans toutes les combinaisons.

Dans les opérations de docimasie et dans toutes celles relatives aux arts, on accélère l'oxidation du métal en donnant un libre accès à l'air extérieur. Quelquefois même on y joint l'action d'un soufflet dont le courant est dirigé sur la surface du métal. L'opération est encore plus rapide, si on soufle du gaz oxygène; ce qui est très-facile à l'aide du gazomètre dont j'ai donné la description. (*Voyez* page 24.) Alors le métal brûle avec flamme, et l'oxidation est terminée en quelques instans: mais on ne peut employer ce dernier moyen que pour des expériences très en petit, à cause de la cherté du gaz oxygène.

Dans l'essai des mines et en général dans toutes les opérations courantes des laboratoires, on est dans l'usage de calciner ou oxider les métaux sur un plat ou soucoupe de terre cuite, *pl. VI, fig.* 6, qu'on place sur un bon fourneau: on nomme ces plats ou soucoupe *têts à rôtir*. De tems-en tems on remue la matière qu'on veut calciner, afin de renouveller les surfeces.

Toutes

Toutes les fois qu'on opère sur une substance métallique qui n'est pas volatile, et qu'il ne se dissipe rien pendant l'opération, il y a augmentation de poids du métal. Mais des expériences faites ainsi en plein air, n'auroient jamais conduit à reconnoître la cause de l'augmentation du poids des métaux pendant leur oxidation. Ce n'est que du moment où l'on a commencé à opérer dans des vaisseaux fermés et dans des quantités déterminées d'air, qu'on a été véritablement sur la voie de la découverte des causes de ce phénomène. Un premier moyen qu'on doit à M. Priestley, consiste à exposer le métal qu'on se propose de calciner, sur une capsule N de porcelaine, *pl. IV*, *fig.* 11, placée sur un support un peu élevé IK ; à le recouvrir avec une cloche de cristal A plongée dans un bassin plein d'eau B C D E, et à élever l'eau jusqu'en G H en suçant l'air de la cloche avec un siphon qu'on passe par-dessous : on fait ensuite tomber sur le métal le foyer d'un verre ardent. En quelques minutes l'oxidation s'opère : une partie de l'oxygène contenu dans l'air se combine avec le métal ; il y a une diminution proportionnée dans le volume de l'air, et ce qui reste n'est plus que du gaz azote, encore mêlé cependant d'une petite quantité de gaz oxygène. J'ai exposé le détail des expériences

que j'ai faites avec cet appareil dans mes Opuscules physiques et chimiques, imprimées en 1773, pages 283, 284, 285 et 286. On peut substituer le mercure à l'eau, et l'expérience n'en est que plus concluante.

Un autre procédé dont j'ai exposé le résultat dans les Mémoires de l'Académie, année 1774, page 351, et dont la première idée appartient à Boyle, consiste à introduire le métal sur lequel on veut opérer dans une cornue A, *pl. III, fig.* 20, dont on tire à la lampe l'extrémité du col, et qu'on ferme hermétiquement en C. On oxide ensuite le métal, en tenant la cornue sur un feu de charbon, et en la chauffant avec précaution. Le poids du vaisseau et des matières qu'il contient, ne change pas tant qu'on n'a pas rompu l'extrémité C du bec de la cornue; mais sitôt qu'on procure à l'air extérieur une issue pour rentrer, il le fait avec sifflement.

Cette opération ne seroit pas sans quelque danger, si on scelloit hermétiquement la cornue sans avoir fait sortir auparavant une portion de l'air qu'elle contenoit; la dilatation occasionnée par la chaleur pourroit faire éclater le vaisseau, avec risque pour ceux qui le tiendroient ou qui seroient dans le voisinage. Pour prévenir ce danger, on doit faire chauffer la cornue avant de la sceller à la lampe, et en faire

sortir une portion d'air qu'on reçoit sous une cloche dans l'appareil pneumato-chimique, afin de pouvoir en déterminer la quantité.

Je n'ai point multiplié, autant que je l'aurois desiré, ces oxidations, et je n'ai obtenu de résultats satifaisans qu'avec l'étain : le plomb ne m'a pas bien réussi. Il seroit à souhaiter que quelqu'un voulût bien reprendre ce travail et tenter l'oxidation dans différens gaz : il seroit, je crois, bien dédommagé des peines attachées à ce genre d'expériences.

Tous les oxides de mercure étant susceptibles de se revivifier sans addition, et de restituer dans son état de pureté l'oxygène qu'ils ont absorbé, aucun métal n'étoit plus propre à devenir le sujet d'expériences très concluantes sur la calcination et l'oxidation des métaux. J'avois d'abord tenté, pour opérer l'oxidation du mercure dans les vaisseaux fermés, de remplir une cornue de gaz oxygène; d'y introduire une petite portion de mercure et d'adapter à son col une vessie à moitié remplie de gaz oxygène, comme on le voit représenté *pl. IV*, *fig.* 12. Je faisois ensuite chauffer le mercure de la cornue ; et en continuant très-long-tems l'opération, j'étois parvenu à en oxider une petite portion, et à former de l'oxide rouge qui nageoit à la surface ; mais la quantité de mercure

que je suis parvenu à oxider de cette manière, étoit si petite, que la moindre erreur commise dans la détermination des quantités de gaz oxygène avant et après l'oxidation, auroit jetté la plus grande incertitude sur mes résultats. J'étois toujours inquiet d'ailleurs, et non sans de justes raisons, qu'il ne se fût échappé de l'air à travers des pores de la vessie, d'autant plus qu'elle se racornit pendant l'opération par la chaleur du fourneau dans lequel on opère, à moins qu'on ne la recouvre de linges entretenus toujours humides.

On opère d'une manière plus sûre avec l'appareil représenté *pl. IV*, *fig.* 2, (*Voyez* Mém. Acad., année 1775, page 580.) Il consiste en une cornue A, au bec de laquelle on soude à la lampe d'émailleur un tuyau du verre recourbé BCDE, de 10 à 12 lignes de diamètre, qui s'engage sous une cloche F G contenue et retournée dans un bassin plein d'eau ou de mercure. Cette cornue est soutenue sur les barres d'un fourneau MMNN : on peut aussi se servir d'un bain de sable. On parvient avec cet appareil à oxider en plusieurs jours un peu de mercure dans l'air ordinaire, et à obtenir un peu d'oxide rouge qui nage à la surface : on peut même le rassembler, le revivifier et comparer les quantités de gaz obtenu avec l'absorption qui a

lieu pendant la calcination ; (*Voyez* tome I, page 35, les détails que j'ai donnés sur cette expérience) mais ce genre d'opérations ne pouvant se faire que très-en petit, il reste toujours de l'incertitude sur les quantités.

La combustion du fer dans le gaz oxygène étant une véritable oxidation, je dois en faire mention ici. L'appareil qu'emploie M. Ingenhousz pour cette opération, est représenté *pl. IV, fig.* 17. J'en ai déjà donné la description, tom. I, pag. 41, et je ne puis qu'y renvoyer.

On peut aussi brûler et oxider du fer sous des cloches de verre remplies de gaz oxygène, de la même manière qu'on brûle du phosphore ou du charbon. On se sert également pour cette opération de l'appareil représenté *pl. IV, fig.* 3, et dont j'ai donné la description, tome I, p. 61. Il faut dans cette expérience, comme dans la combustion, attacher à l'une des extrémités du fil de fer, ou des copeaux de fer qu'on se propose de brûler, un petit morceau d'amadoue et un atôme de phosphore : le fer chaud qu'on passe sous la cloche allume le phosphore : celui-ci allume l'amadoue, et l'inflammation se communique au fer. M. Ingenhousz nous a appris qu'on pouvoit brûler ou oxider de la même manière tous les métaux ; à l'exception de l'or, de l'argent et du mercure. Il ne s'agit que de

se procurer ces métaux en fils très-fins ou en feuilles minces coupées par bandes ; on les tortille avec du fil de fer ; et ce dernier métal communique aux autres la propriété de s'enflammer et de s'oxider.

Nous venons de voir comment on parvenoit à oxider de très-petites quantités de mercure dans les vaisseaux fermés et dans des volumes d'air limités : ce n'est de même qu'avec beaucoup de peine qu'on parvient à oxider ce métal, même à l'air libre. On se sert ordinairement dans les laboratoires pour cette opération d'un matras A, *pl. IV. fig.* 10, à cul très-plat, qui a un col B C très-allongé et terminé par une très-petite ouverture : ce vaisseau porte le nom d'*enfer de Boyle*. On y introduit assez de mercure pour couvrir son fond, et on le place sur un bain de sable qu'on entretient à un degré de chaleur fort approchant du mercure bouillant. En continuant ainsi pendant plusieurs mois, avec cinq ou six de ces matras, et en renouvelant de tems en tems le mercure, on parvient à obtenir quelques onces de cet oxide.

Cet appareil a un grand inconvénient, c'est que l'air ne s'y renouvelle pas assez : mais, d'un autre côté, si on donnoit à l'air extérieur une circulation trop libre, il emportetoit avec

lui du mercure en dissolution, et au bout de quelques jours on n'en retrouveroit plus dans le vaisseau. Comme de toutes les expériences que l'on peut faire sur l'oxidation des métaux, celles sur le mercure sont les plus concluantes ; il seroit à souhaiter qu'on pût imaginer un appareil simple, au moyen duquel on pût démontrer cette oxidation et les résultats qu'on en obtient dans les cours publics. On y parviendroit, ce me semble, par des moyens analogues à ceux que j'ai décrits pour la combustion des huiles ou du charbon ; mais je n'ai pu reprendre encore ce genre d'expériences.

L'oxide de mercure se revivifie, comme je l'ai dit, sans addition ; il suffit de le faire chauffer à un degré de chaleur légèrement rouge. L'oxygène à ce degré a plus d'affinité avec le calorique qu'avec le mercure, et il se forme du gaz oxygène ; mais ce gaz est toujours mêlé d'un peu de gaz azote, ce qui indique que le mercure en absorbe une petite portion pendant son oxidation. Il contient aussi presque toujours un peu de gaz acide carbonique ; ce qu'on doit sans doute attribuer aux ordures qui s'y mêlent, qui se charbonent et qui convertissent ensuite une portion de gaz oxygène en gaz acide carbonique.

Si les Chimistes étoient réduits à tirer de

l'oxide de mercure fait par voie de calcination, tout le gaz oxygène qu'ils emploient dans leurs expériences, le prix excessif de cette préparation rendroit absolument impartiales les expériences un peu en grand. Mais on peut également oxygéner le mercure par l'acide nitrique, et on obtient un oxide rouge plus pur que celui même qui a été fait par voie de calcination. On le trouve tout préparé dans le commerce et à un prix modéré : il faut choisir de préférence celui qui est en morceaux solides et formé de lames douces au toucher et qui tiennent ensemble. Celui qui est en poudre est quelquefois mélangé d'oxide rouge de plomb : il ne paroît pas que celui en morceaux solides soit susceptible de la même altération. J'ai quelquefois essayé de préparer moi-même cet oxide par l'acide nitrique : la dissolution du métal faite, j'évaporois jusqu'à siccité, et je calcinois le sel, ou dans des cornues, ou dans des capsules faites avec des fragmens de matras coupés par la méthode que j'ai indiquée ; mais jamais je n'ai pu parvenir à l'avoir aussi beau que celui du commerce. On le tire, je crois, de Hollande.

Pour obtenir le gaz oxygène de l'oxide de mercure, j'ai coutume de me servir d'une cornue de porcelaine à laquelle j'adapte un long

tube de verre, qui s'engage sous des cloches dans l'appareil pneumato chimique à l'eau. Je place au bout du tube un vase plongé dans l'eau, dans lequel se rassemble le mercure, à mesure qu'il se revivifie. Le gaz oxygène ne commence à passer, que quand la cornue devient rouge. C'est un principe général que M. Berthollet a bien établi, qu'une chaleur obscure ne suffit pas pour former du gaz oxygène ; il faut de la lumière : ce qui semble prouver que la lumière est un de ses principes constituans. On doit dans la révivification de l'oxide rouge de mercure rejetter les premières portions de gaz qu'on obtient, parce qu'elles sont mêlées d'air commun en raison de celui contenu dans le vide des vaisseaux : mais avec cette précaution même, on ne parvient pas à obtenir du gaz oxygène parfaitement pur ; il contient communément un dixième de gaz azote, et presque toujours une très-petite portion de gaz acide carbonique. On se débarrasse de ce dernier, au moyen d'une liqueur alkaline caustique, à travers laquelle on fait passer le gaz qu'on a obtenu. A l'égard du gaz azote, on ne connoit aucun moyen de l'en séparer ; mais on peut en connoître la quantité, en laissant le gaz oxygène, pendant une quinzaine de jours, en contact avec du sulfure de soude ou de potasse. Le gaz

oxygène est absorbé ; il forme de l'acide sulfurique avec le soufre, et il ne reste que le gaz azote seul.

Il y a beaucoup d'autres moyens de se procurer du gaz oxygène : on peut le tirer de l'oxide noir de manganèse ou du nitrate de potasse par une chaleur rouge, et l'appareil qu'on emploie est à-peu-près le même que celui que j'ai décrit pour l'oxide rouge de mercure. Il faut seulement un degré de chaleur plus fort et au moins égal à celui qui est susceptible de ramollir le verre : on ne peut en conséquence employer que des cornues de grès ou de porcelaine. Mais le meilleur de tous, c'est-à-dire le plus pur, est celui qu'on dégage du muriate oxygéné de potasse par la simple chaleur. Cette opération peut se faire dans une cornue de verre, et le gaz qu'on obtient est absolument pur, pourvu toutefois que l'on rejette les premières portions qui sont mêlées d'air des vaisseaux.

§ VII.

De la Détonation.

J'ai fait voir, tom. 1, Chap. IX, page 103 et suivantes, que l'oxygène en se combinant dans les différens corps, ne se dépouilloit pas toujours de tout le calorique qui le constituoit

dans l'état de gaz ; qu'il entroit, par exemple, avec presque tout son calorique dans la combinaison qui forme l'acide nitrique et dans celle qui forme l'acide muriatique oxygéné ; en sorte que l'oxygène dans le nitre et sur-tout dans le muriate oxygéné, étoit jusqu'à un certain point, dans l'état de gaz oxygène condensé et réduit au plus petit volume qu'il puisse occuper.

Le calorique dans ces combinaisons, exerce un effort continuel sur l'oxygène pour le ramener à l'état de gaz : l'oxygène en conséquence, y tient peu ; la moindre force suffit pour lui rendre la liberté, et il reparoît souvent dans un instant presque indivisible dans l'état de gaz. C'est ce passage brusque de l'état concret à l'état aériforme, qu'on a nommé détonation, parce qu'en effet, il est ordinairement accompagné de bruit et de fracas. Le plus communément, ces dénotations s'opèrent par la combinaison du charbon, soit avec le nitre, soit avec le muriate oxygéné. Quelquefois pour faciliter encore l'inflammation, on y ajoute du soufre, et c'est ce mélange fait dans de justes proportions et avec des manipulations convenables, qui constitue la poudre à canon.

L'oxygène, par la détonation avec le charbon, change de nature, et il se convertit en acide carbonique. Ce n'est donc pas du gaz oxygène

qui se dégage, mais du gaz acide carbonique; du moins quand le mélange a été fait dans de justes proportions. Il se dégage en outre du gaz azote dans la détonation du nitre, parce que l'azote est un des principes constituans de l'acide nitrique.

Mais l'expansion subite et instantanée de ces gaz, ne suffit pas pour expliquer tous les phénomènes relatifs à la détonation. Si cette cause y influoit seule, la poudre seroit d'autant plus forte que la quantité de gaz dégagé dans un tems donné, seroit plus considérable; ce qui ne s'accorde pas toujours avec l'expérience. J'ai eu occasion d'éprouver des espèces de poudre à tirer qui produisoient un effet presque double de la poudre ordinaire, quoiqu'elles donnassent un sixième de gaz de moins par la détonation. Il y a apparence que la quantité de calorique qui se dégage au moment de la détonation, contribue beaucoup à en augmenter l'effet, et on peut en concevoir plusieurs raisons. Premièrement, quoique le calorique pénètre assez librement à travers les pores de tous les corps, il ne peut cependant y passer que successivement, et en un tems donné: lors donc que la quantité qui se dégage à la fois est trop considérable, et qu'elle est beaucoup plus grande que celle qui peut se débiter, s'il est

permis de se servir de cette expression, par les pores des corps, il doit agir à la manière des fluides élastiques ordinaires et renverser tout ce qui s'oppose à son passage. Une partie de ce effet doit avoir lieu, lorsqu'on allume de la poudre dans un canon : quoique le métal qui le compose soit perméable pour le calorique, la quantité qui s'en dégage à la-fois est tellement grande, qu'elle ne trouve pas une issue assez prompte à travers les portes du métal ; elle fait donc un effort en tous sens, et c'est cet effort qui est employé à chasser le boulet.

Secondement, le calorique produit nécessairement un second effet qui dépend également de la force répulsive que ses molécules paroissent exercer les unes sur les autres : il dilate les gaz qui se dégagent au moment de l'inflammation de la poudre, et cette dilatation est d'autant plus grande que la température est plus élevée.

Troisièmement, il est possible qu'il y ait décomposition de l'eau dans l'inflammation de la poudre, et qu'elle fournisse de l'oxygène au charbon pour former de l'acide carbonique. Si les choses se passent ainsi, il doit se dégager rapidement, au moment de la détonation de la poudre, une grande quantité de gaz hydrogène qui se débande et qui contribue à augmenter la force de l'explosion. On sentira com-

bien cette circonstance doit contribuer à augmenter l'effet de la poudre, si l'on considère que le gaz hydrogène ne pèse qu'un grain deux tiers par pinte; qu'il n'en faut par conséquent qu'une très petite quantité en poids pour occuper un très-grand espace, et qu'il doit exercer une force expansive prodigieuse, quand il passe de l'état liquide à l'état aériforme.

Quatrièmement enfin, une portion d'eau non décomposée doit se réduire en vapeurs dans l'inflammation de la poudre, et l'on sait que dans l'état de gaz, elle occupe un volume 17 à 18 cents fois plus grand que lorsqu'elle est dans l'état liquide.

J'ai déjà fait une assez grande suite d'expériences sur la nature des fluides élastiques qui se dégagent de la détonation du nitre avec le charbon et avec le soufre; j'en ai fait aussi quelques unes avec le muriate oxygéné de potasse. C'est un moyen qui conduit à des connoissances assez précises sur les parties constituantes de ces sels, et j'ai déjà donné, Tome XI du recueil des Mémoires présentés à l'Académie par des savans étrangers, page 625, quelques résultats principaux de mes expériences et des conséquences auxquelles elles m'ont conduit relativement à l'analyse de l'acide nitrique. Maintenant que je me suis procuré des appareils

plus commodes, je me prépare à répéter les mêmes expériences un peu plus en grand, et j'obtiendrai plus de précision dans les résultats: en attendant, je vais rendre compte des procédés que j'ai adoptés et employés jusqu'à présent. Je recommande avec bien de l'instance à ceux qui voudront répéter quelques-unes de ces expériences, d'y apporter une extrême prudence; de se méfier de tout mélange où il entre du salpêtre, du charbon et du soufre, et plus encore de ceux dans lesquels il entre du sel muriatique oxygéné de potasse combiné et mélangé avec ces deux matières.

Je me suis prémuni de canons de pistolets de six pouces de longeur environ et de cinq à six lignes de diamètre. J'en ai bouché la lumière avec une pointe de clou frappé à force, cassée dans le trou même, et sur laquelle j'ai fait couler un peu de soudure blanche de ferblantier, afin qu'il ne restât aucune issue à l'air par cette ouverture. On charge ces canons avec une pâte médiocrement humectée, faite avec des quantités bien connues de salpêtre et de charbons réduits en poudre impalpable, ou de tout autre mélange susceptible de détoner. A chaque portion de matière qu'on introduit dans le canon, on doit bourer avec un bâton qui soit du même calibre, à peu près comme on

charge les fusées. La matière ne doit pas emplir le pistolet tout-à-fait jusqu'à sa bouche; il est bon qu'il reste quatre ou cinq lignes de vide à l'extrémité : alors on ajoute un bout de 2 pouces de long environ de mèche nommée *étoupille*. La seule difficulté de ce genre d'expériences, sur tout si l'on ajoute du soufre au mélange, est de saisir le point d'humectation convenable : si la matière est trop humide, elle n'est point susceptible de s'allumer; si elle est trop sèche, la détonation est trop vive et peut devenir dangereuse.

Quand on n'a pas pour objet de faire une expérience rigoureusement exacte, on allume la mèche, et quand elle est près de communiquer l'inflammation à la matière, on plonge le pistolet sous une grande cloche d'eau dans l'appareil pneumato-chimique. La détonation commencée, elle se continue sous l'eau, et le gaz se dégage avec plus ou moins de rapidité, suivant que la matière est plus ou moins sèche. Il faut, tant que la détonation dure, tenir le bout du pistolet incliné, afin que l'eau ne rentre pas dans l'intérieur. J'ai quelquefois recueilli ainsi le gaz produit par la détonation d'une once et demie ou de deux onces de nitre.

Il n'est pas possible, dans cette manière d'opérer, de connoître la quantité de gaz acide carbonique

carbonique qui se dégage, parce qu'une partie est absorbée par l'eau, à mesure qu'il la traverse : mais l'acide carbonique une fois absorbé, il reste le gaz azote ; et si on a la précaution de l'agiter pendant quelques minutes dans de la potasse caustique en liqueur, on l'obtient pur ; et il est aisé d'en déterminer le volume et le poids. Il est même possible d'arriver par cette méthode, à une connoissance assez précise de la quantité de gaz acide carbonique, en répétant l'expérience un grand nombre de fois, et en faisant varier les doses du charbon, jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la juste proportion qui fait détoner la totalité du nitre. Alors, d'après le poids du charbon employé, on détermine celui d'oxygène qui a été nécessaire pour le saturer, et on en conclut la quantité d'oxygène contenu dans une quantité donnée de nitre.

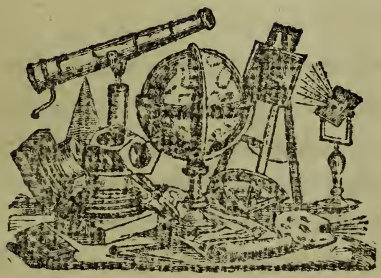
Il est au surplus un autre moyen que j'ai pratiqué et qui conduit à des résultats plus sûrs ; c'est de recevoir dans des cloches remplies de mercure, le gaz qui se dégage. Le bain de mercure que j'ai maintenant, est assez grand pour qu'on puisse y placer des cloches de douze à quinze pintes de capacité. De pareilles cloches, comme l'on sent, ne sont pas très-maniables, quand elles sont remplies de mercure ; aussi

faut-il employer pour les remplir, des moyens particuliers que je vais indiquer. On place la cloche sur le bain de mercure, on passe par-dessous un siphon de verre dont on a adapté l'extrémité extérieure à une petite pompe pneumatique : on fait jouer le piston, et on élève le mercure jusqu'au haut de la cloche. Lorsqu'elle est ainsi remplie, on y fait passer le gaz de la détonation de la même manière que dans une cloche qui seroit remplie d'eau. Mais, je le répète, ce genre d'expériences exige les plus grandes précautions. J'ai vu quelquefois, quand le dégagement du gaz étoit trop rapide, des cloches pleines de mercure, pesant plus de 150 livres, s'enlever par la force de l'explosion; le mercure jaillissoit au loin, et la cloche étoit brisée en grand nombre d'éclats.

Lorsque l'expérience a réussi et que le gaz est rassemblé sous la cloche, on en détermine le volume, comme je l'ai indiqué, pages 39 et 40. On y introduit ensuite un peu d'eau, depuis la potasse dissoute dans l'eau et dépouillée d'acide carbonique, et on parvient à en faire une analyse rigoureuse, comme je l'ai enseigné pages 43 et suivantes.

Il me tarde d'avoir mis la dernière main aux

expériences que j'ai commencées sur les détonations, parce qu'elles ont un rapport immédiat avec les objets dont je suis chargé, et qu'elles jetteront, à ce que j'espère, quelques lumières sur les opérations relatives à la fabrication de la poudre.



CHAPITRE VIII.

Des Instrumens nécessaires pour opérer sur les corps à de très-hautes températures.

§ PREMIER.

De la Fusion.

LORSQU'ON écarte les unes des autres, par le moyen de l'eau, les molécules d'un sel, cette opération, comme nous l'avons vu plus haut, se nomme *solution*. Ni le dissolvant, ni le corps tenu en dissolution, ne sont décomposés dans cette opération; aussi dès l'instant que la cause qui tenoit les molécules écartées cesse, elles se réunissent, et la substance saline reparoît telle qu'elle étoit avant la solution.

On opère aussi de véritables solutions par le feu, c'est-à-dire, en introduisant et en accumulant entre les molécules d'un corps, une grande quantité de calorique. Cette solution des corps par le feu, se nomme *fusion*.

Les fusions en général, se font dans des vases

que l'on nomme creusets, et l'une des premières conditions est qu'ils soient moins fusibles que la substance qu'ils doivent contenir. Les Chimistes de tous les âges ont en conséquence attaché une grande importance à se procurer des creusets de matières très-réfractaires, c'est-à-dire, qui eussent la propriété de résister à un très-grand degré de feu. Les meilleurs sont ceux qui sont faits avec de l'argile très-pure ou de la terre à porcelaine. On doit éviter d'employer pour cet usage les argiles mélangées de silice ou de terre calcaire, parce qu'elles sont trop fusibles. Toutes celle qu'on tire aux environs de Paris sont dans ce cas; aussi les creusets qu'on fabrique dans cette ville fondent-ils à une chaleur assez médiocre, et ne peuvent-ils servir que dans un très petit nombre d'opérations chimiques. Ceux qui viennent de Hesse sont assez bons, mais on doit préférer ceux de terre de Limoges qui paroissent être absolument infusibles. Il existe en France un grand nombre d'argiles propres à faire des creusets; telle est celle, par exemple, donc on se sert pour les creusets de la glacerie de Saint-Gobin.

On donne aux creusets différentes formes, suivant les opérations auxquelles on se propose de les employer. On a représenté celles qui sont

le plus usitées dans les *fig.* 7, 8, 9, *et* 10 de la *pl. VII.* Ceux représentés *fig.* 9, qui sont presque fermés par en haut, se nomment *tutes.*

Quoique la fusion puisse souvent avoir lieu sans que le corps qui y est soumis change de nature et se décompose, cette opération est cependant aussi un des moyens de décomposition et de recomposition que la chimie emploie. C'est par la fusion qu'on extrait tous les métaux de leurs mines, qu'on les revivifie, qu'on les moule, qu'on les allie les uns aux autres; cest par elle que l'on combine l'alkali et le sable pour former du verre ; que se fabriquent les pierres colorées, les émaux, etc.

Les anciens Chimistes employoient beaucoup plus fréquemment l'action d'un feu violent, que nous ne le faisons aujourd'hui. Depuis qu'on a introduit plus de rigeur dans la manière de faire des expériences, on préfère la voie humide à la voie sèche, et on n'a recours à la fusion que lorsqu'on a épuisé tous les autres moyens d'analyse.

Pour appliquer aux corps l'action du feu, on se sert de fourneaux, et il me reste à décrire ceux qu'on emploie pour les différentes opérations de la Chimie.

§ II.

Des Fourneaux.

Les fourneaux sont les instrumens dont on fait le plus d'usage en Chimie : c'est de leur bonne ou de leur mauvaise construction que dépend le sort d'un grand nombre d'opérations ; en sorte qu'il est d'une extrême importance de bien monter un laboratoire en ce genre. Un fourneau est une espèce de tour cylindrique creuse ABCD, quelquefois un peu évasée par le haut, *pl. VIII*, *fig.* 1. Elle doit avoir au moins deux ouvertures latérales, une supérieure F qui est la porte du foyer, une inférieure G qui est la porte du cendrier.

Dans l'intervalle de ces deux portes, le fourneau est partagé en deux par une grille placée horisontalement, qui forme une espèce de diaphragme et qui est destinée à soutenir le charbon. On a indiqué la place de cette grille par la ligne HI. La capacité qui est au-dessus de la grille, c'est-à dire au-dessus de la ligne H I, se nomme foyer, parce qu'en effet c'est dans cette partie que l'on entretient le feu ; la capacité qui est au-dessous porte le nom de cendrier, par la raison que c'est dans cette partie que se ressemblent les cendres à mesure qu'elles se forment.

Le fourneau représenté *pl. XIII*, *fig.* 1, est le moins compliqué de tous ceux dont on se sert en Chimie, et il peut être employé cependant à un grand nombre d'usages. On peut y placer des creusets, y fondre du plomb, de l'étain, du bismuth, et en général toutes les matières qui n'exigent pas pour être fondues, un degré de feu très-considérable. On peut y faire des calcinations métalliques, placer dessus des bassines, des vaisseaux évaporatoires, des capsules de fer pour former des bains de sable, comme on le voit représenté *pl. III*, *fig.* 1 *et* 2. C'est pour le rendre applicable à ces différentes opérations qu'on a ménagé dans le haut des échancrures *m m m m ;* autrement la bassine qu'on auroit posée sur le fourneau auroit intercepté tout passage à l'air; et le charbon se seroit éteint. Si ce fourneau ne produit qu'un degré de chaleur médiocre, c'est que la quantité de charbon qu'il peut consommer est limitée par la quantité d'air qui peut passer par l'ouverture G du cendrier. On augmenteroit beaucoup son effet, en aggrandissant cette ouverture; mais le grand courant d'air qui conviendroit dans quelques expériences, auroit de l'inconvénient dans beaucoup d'autres, et c'est ce qui oblige de garnir un laboratoire de fourneaux de différentes formes et construits

sous différens points de vue. Il en faut sur-tout plusieurs semblables à celui que je viens de décrire, et de différentes grandeurs.

Une autre espèce de fourneau, peut être encore plus nécessaire, est le fourneau de réverbère représenté *pl. XIII, fig.* 2. Il est composé, comme le fourneau simple, d'un cendrier HIKL dans sa partie inférieure, d'un foyer K L M N, d'un laboratoire MNOP, d'un dôme RSRS; enfin le dôme est surmonté d'un tuyau TTVV, auquel on peut en ajouter plusieurs autres suivant le genre des expériences.

C'est dans la partie M N O P nommée le laboratoire, que se place la cornue A qu'on a indiquée par une ligne ponctuée; elle y est soutenue sur deux barres de fer qui traversent le fourneau. Son col sort par une échancrure latérale, faite partie dans la pièce qui forme le laboratoire, partie dans celle qui forme le dôme. A cette cornue s'adapte un récipient B.

Dans la plupart des fourneaux de réverbère qui se trouvent tout faits chez les potiers de terre à Paris, les ouvertures tant inférieures que supérieures sont beaucoup trop petites; elles ne donnent point passage à un volume d'air assez considérable; et comme la quantité de charbon consommée, ou, ce qui revient au même, comme la quantité de calorique

dégagée est à-peu-près proportionnelle à la quantité d'air qui passe par le fourneau, il en résulte que ces fourneaux ne produisent pas tout l'effet qu'on pourroit desirer dans un grand nombre d'opérations. Pour admettre d'abord par le bas un volume d'air suffisant, il faut, au lieu d'une ouverture G au cendrier, en avoir deux G G : on en condamne une lorsqu'on le juge à propos, et alors on n'obtient plus qu'un degré de feu modéré ; on les ouvre au contraire l'une et l'autre, quand on veut donner le plus grand coup de feu que le fourneau puisse produire.

L'ouverture supérieure S S du dôme, ainsi que celle des tuyaux V V X X, doit être aussi beaucoup plus grande qu'on n'a coutume de la faire.

Il est important de ne point employer des cornues trop grosses relativement à la grandeur du fourneau. Il faut qu'il y ait toujours un espace suffisant pour le passage de l'air entre les parois du fourneau et celles du vaisseau qui y est contenu. La cornue A dans la *figure* 2 est un peu trop petite pour ce fourneau, et je trouve plus facile d'en avertir que de faire rectifier la figure.

Le dôme a pour objet d'obliger la flamme et la chaleur à environner de toutes parts la

cornue et de la réverbérer; c'est de-là qu'est venu le nom de fourneau de réverbère. Sans cette réverbération de la chaleur, la cornue ne seroit échauffée que par son fond; les vapeurs qui s'en éleveroient se condenseroient dans la partie supérieure, elles se recohoberoient continuellement sans passer dans le récipient: mais au moyen du dôme, la cornue se trouve échauffée de toutes parts; les vapeurs ne peuvent donc se condenser que dans le col et dans le récipient, et elles sont forcées de sortir de la cornue.

Quelquefois, pour empêcher que le fond de la cornue ne soit échauffé ou réfroidi trop brusquement. et pour éviter que ces alternatives de chaud et de froid n'en occasionnent la fracture, on place sur les barres une petite capsule de terre cuite dans laquelle on met un peu de sable, et on pose sur ce sable le fond de la cornue.

Dans beaucoup d'opérations on induit les cornues de différens luts. Quelques uns de ces luts n'ont pour objet que de les défendre des alternatives de chaud et de froid; quelquefois ils ont pour objet de contenir le verre, ou plutôt de former une double cornue qui supplée à celle de verre dans les opérations où le degré de feu est assez fort pour le ramollir.

Le premier de ces luts se fait avec de la terre

à four à laquelle on joint un peu de bourre ou poil de vache : on fait une pâte de ces matières, et on l'étend sur les cornues de verre ou de grès. Si au lieu de terre à four qui est mêlangée, on n'avoit que de l'argile ou de la glaise pure, il faudroit y ajouter du sable. A l'égard de la bourre, elle est utile pour mieux lier ensembler la terre : elle brûle à la première impression du feu, mais les interstices qu'elle laisse empêchent que l'eau qui est contenue dans la terre, en se vaporisant, ne rompe la continuité du lut et qu'il ne tombe en poussière.

Le second lut est composé d'argile et de fragmens de poteries de grès grossièrement pilés. On en fait une pâte assez ferme, qu'on étend sur les cornues. Ce lut se dessèche et se durcit par le feu, et forme lui-même une véritable cornue supplémentaire, qui contient les matières quand la cornue de verre vient à se ramollir. Mais ce lut n'est d'aucune utilité dans les expériences où on a pour objet de receuillir les gaz ; parce qu'il est toujours poreux et que les fluides aériformes passent au travers.

Dans un grand nombre d'opérations, et en général toutes les fois qu'on n'a pas besoin de donner aux corps qu'on traite un degré de chaleur très-violent, le fourneau de réverbère peut servir de fourneau de fusion. On supprime

alors le laboratoire M N O P, et on établit à la place le dôme R S R S, comme on le voit représenté *planche XIII*, *figure* 3.

Un fourneau de fusion très-commode est celui représenté *figure* 4. Il est composé d'un foyer ABCD, d'un cendrier sans porte et d'un dôme A B G H. Il est troué en E pour recevoir le bout d'un soufflet qu'on y lute solidement. Il doit être proportionnellement moins haut qu'il n'est représenté dans la figure. Ce fourneau ne procure pas un degré de feu très-violent; mais il suffit pour toutes les opérations courantes. Il a de plus l'avantage d'être transporté commodément, et de pouvoir être placé dans tel lieu du laboratoire qu'on le juge à propos. Mais ces fourneaux particuliers ne dispensent pas d'avoir dans un laboratoire une forge garnie d'un bon soufflet, et ce qui est encore plus important, un bon fourneau de fusion. Je vais donner la description de celui dont je me sers, et détailler les principes d'après lesquels je l'ai construit.

L'air ne circule dans un fourneau que parce qu'il s'échauffe en passant à travers les charbons; alors il se dilate : devenu plus léger que l'air environnant, il est forcé de monter par la pression des colonnes latérales, et il est remplacé par de nouvel air qui arrive de toutes

parts, principalement par-dessous. Cette circulation de l'air a lieu lorsque l'on brûle du charbon même dans un simple réchaut: mais il est aisé de concevoir que la masse d'air qui passe par un fourneau ainsi ouvert de toutes parts, ne peut pas être, toutes choses d'ailleurs égales, aussi grande que celle qui est contrainte de passer par un fourneau formé en tour creuse, comme le sont en général les fourneaux chimiques, et que par conséquent la combustion ne peut pas y être aussi rapide.

Soit supposé, par exemple, un fourneau A B C D E F, *pl. XIII*, *fig.* 5, ouvert par le haut et rempli de charbons ardens; la force avec laquelle l'air sera obligé de passer à travers les charbons, sera mesurée par la différence de pesanteur spécifique de deux colonnes A C, l'une d'air froid pris en-dehors du fourneau, l'autre d'air chaud pris en-dedans. Ce n'est pas qu'il n'y ait encore de l'air échauffé au-dessus de l'ouverture A B du fourneau, et il est certain que son excès de légéreté doit entrer aussi pour quelque chose dans le calcul; mais comme cet air chaud est continuellement réfroidi et emporté par l'air extérieur, cette portion ne peut pas faire beaucoup d'effet.

Mais si à ce même fourneau on ajoute un

grand tuyau creux de même diamètre que celui G H A B, qui défende l'air qui a été échauffé par les charbons ardens, d'être réfroidi, dispersé et emporté par l'air environnant, la différence de pesanteur spécifique, en vertu de laquelle s'opérera la circulation de l'air, ne sera plus celle de deux colonnes A C, l'une extérieure, l'autre intérieure; ce sera celle de deux colonnes égales à G C. Or, à chaleur égale, si la colonne G C = 3 A C, la circulation de l'air se fera en raison d'une force triple. Il est vrai que je suppose ici que l'air contenu dans la capacité G H C D est autant échauffé que l'étoit l'air contenu dans la capacité A B C D, ce qui n'est pas rigoureusement vrai; car la chaleur doit décroître de A B à G H: mais comme il est évident que l'air de la capacité G H A B est beaucoup plus chaud que l'air extérieur, il en résulte toujours que l'addition de la tour creuse G H A B augmente la rapidité du courant d'air, qu'il en passe plus à travers les charbons, et que par conséquent il y aura plus de combustion.

Conclurons-nous de ces principes qu'il faille augmenter indéfiniment la longueur du tuyau G H A B? Non sans doute; car puisque la chaleur de l'air diminue de A B en G H, ne fût-ce que par le réfroidissement causé à cet air par

le contact des parois du tuyau, il en résulte que la pesanteur spécifique de l'air qui le traverse diminue graduellement, et que si le tuyau étoit prolongé à un certain point, on arriveroit à un terme où la pesanteur spécifique de l'air seroit égale en-dedans et en-dehors du tuyau; et il est évident qu'alors cet air froid qui ne tendroit plus à monter, seroit une masse à déplacer qui apporteroit une résistance à l'ascension de lair inférieur. Bien plus, comme cet air est nécessairement mêlé de gaz acide carbonique, et que ce gaz est plus lourd que l'air atmosphérique, il arriveroit, si ce tuyau étoit assez long pour que l'air, avant de parvenir à son extrémité pût se rapprocher de la température extérieure, qu'il tendroit à redescendre; d'où il faut conclure que la longueur des tuyaux qu'on ajoute sur les fourneaux est limitée par la nature des choses.

Les conséquences auxquelles nous conduisent ces réflexions, sont 1°. que le premier pied de tuyau qu'on ajoute sur le dôme d'un fourneau, fait plus d'effet que le sixième, par exemple; que le sixième en fait plus que le dixième: mais aucune expérience ne nous a encore fait connoître à quel terme on doit s'arrêter; 2°. que ce terme est d'autant plus éloigné, que le tuyau est moins bon conducteur de chaleur, puisque l'air

l'air s'y réfroidit d'autant moins ; en sorte que la terre cuite est beaucoup préférable à la tôle pour faire des tuyaux de fourneaux, et que si même on les formoit d'une double enveloppe, si on remplissoit l'intervalle de charbon pilé, qui est une des substances la moins propre à transmettre la chaleur, on retarderoit le réfroidissement de l'air, et on augmenteroit par conséquent la rapidité du courant et la possibilité d'employer un tuyau plus long ; 3°. que le foyer du fourneau étant l'endroit le plus chaud et celui par conséquent où l'air qui le traverse est le plus dilaté, cette partie du fourneau doit être aussi la plus volumineuse, et qu'il est nécessaire d'y ménager un renflement considérable. Il est d'une nécessité d'autant plus indispensable de donner beaucoup de capacité à cette partie du fourneau, qu'elle n'est pas seulement destinée au passage de l'air qui doit favoriser, ou pour mieux dire, opérer la combustion ; elle doit encore contenir le charbon et le creuset ; en sorte qu'on ne peut compter pour le passage de l'air que l'intervalle que laissent entr'eux les charbons.

C'est d'après ces principes que j'ai construit mon fourneau de fusion, et je ne crois pas qu'il en existe aucun qui produise un effet plus violent. Cependant je n'ose pas encore me flatter

d'être arrivé à la plus grande intensité de chaleur qu'on puisse produire dans les fourneaux chimiques. On n'a point encore déterminé par des expériences exactes l'augmentation de volume que prend l'air en traversant un fourneau de fusion ; en sorte qu'on ne connoît point le rapport qu'on doit observer entre les ouvertures inférieures et supérieures d'un fourneau : on connoît encore moins la grandeur absolue qu'il convient de donner à ces ouvertures. Les données manquent donc, et on ne peut encore arriver au but que par tâtonnement.

Ce fourneau est représenté *pl. XIII, fig. 6.* Je lui ai donné, d'après les principes que je viens d'exposer, la forme d'un sphéroïde elliptique ABCD, dont les deux bouts sont coupés par un plan qui passeroit par chacun des foyers perpendiculairement au grand axe. Au moyen du renflement qui résulte de cette figure, le fourneau peut tenir une masse de charbon considérable, et il reste encore dans l'intervalle assez d'espace pour le passage du courant d'air.

Pour que rien ne s'oppose au libre accès de l'air extérieur, je l'ai laissé entièrement ouvert par-dessous, à l'exemple de M. Macquer, qui avoit déjà pris cette même précaution pour son fourneau de fusion, et je l'ai posé sur un trépied. La grille dont je me sers est à claire-voie

et en fer méplat; et pour que les barreaux opposent moins d'obstacle au passage de l'air, je les ai fait poser non sur le côté plat, mais sur le côté le plus étroit, comme on le voit *fig.* 7. Enfin j'ai ajouté à la partie supérieure AB un tuyau de 18 pieds de long en terre cuite, et dont le diamètre intérieur est presque de moitié de celui du fourneau. Quoique j'obtienne déjà avec ce fourneau un feu supérieur à celui qu'aucun Chimiste se soit encore procuré jusqu'ici, je le crois susceptible d'être sensiblement augmenté par les moyens simples que j'ai indiqués, et dont le principal consiste à rendre le tuyau FGAB le moins bon conducteur de chaleur qu'il soit possible.

Il me reste à dire un mot du fourneau de coupelle ou fourneau d'essai. Lorsqu'on veut connoître si du plomb contient de l'or ou de l'argent, on le chauffe à grand feu dans de petites capsules faites avec des os calcinés, et qui, en termes d'essai, se nomment *coupelles*. Le plomb s'oxide, il devient susceptible de se vitrifier, il s'imbibe et s'incorpore avec la coupelle. On conçoit que le plomb ne peut s'oxider qu'avec le contact de l'air; ce ne peut donc être, ni dans un creuset où le libre accès de l'air extérieur est interdit, ni même au milieu d'un fourneau à travers les charbons ardens, puisque

l'air de l'intérieur d'un fourneau altéré par la combustion et réduit pour la plus grande partie à l'état de gaz azote et de gaz acide carbonique, n'est plus propre à la calcination et à l'oxidation des métaux. Il a donc fallu imaginer un appareil particulier où le métal fût en même-tems exposé à la grande violence du feu, et garanti du contact de l'air devenu incombustible par son passage à travers les charbons. Le fourneau destiné à remplir ce double objet, a été nommé dans les arts, fourneau de coupelle. Il est communément de forme carrée, ainsi qu'il est représenté *planche XIII, figure* 8. Voyez aussi sa coupe, *figure* 10. Comme tous les fourneaux bien construits, il doit avoir un cendrier AABB, un foyer BBCC, un laboratoire CCDD, un dôme DDEE.

C'est dans le laboratoire qu'on place ce qu'on nomme la mouffle. C'est une espèce de petit four GH, *figures* 9 et 10, fait de terre cuite et fermé par le fond. On le pose sur des barres qui traversent le fourneau; il s'ajuste avec l'ouverture G de la porte, et on l'y lute avec de l'argile délayée avec de l'eau. C'est dans cette espèce de four que se placent les coupelles. On met du charbon dessus et dessous la mouffle par les portes du dôme et du foyer : l'air qui est entré par les ouvertures du cendrier, après avoir servi à

la combustion, s'échappe par l'ouverture supérieure E E. A l'égard de la mouffle, l'air extérieur y pénètre par la porte G G, et il y entretient la calcination métallique.

En réfléchissant sur cette construction, on s'apperçoit aisément combien elle est vicieuse. Elle a deux inconvéniens principaux : quand la porte G G est fermée, l'oxidation se fait lentement et difficilement à défaut d'air pour l'entretenir; lorsqu'elle est ouverte, le courant d'air froid qui s'introduit fait figer le métal et suspend l'opération. Il ne seroit pas difficile de remédier à ces inconvéniens, en construisant la mouffle et le fourneau de manière qu'il y eût un courant d'air extérieur toujours renouvelé, qui rasât la surface du métal. On feroit passer cet air à travers un tuyau de terre qui seroit entretenu rouge par le feu même du fourneau, afin que l'intérieur de la mouffle ne fût jamais réfroidi; et on feroit en quelques minutes ce qui demande souvent un temps considérable.

M. Sage a été conduit par d'autres principes à de semblables conséquences. Il place la coupelle qui contient le plomb allié de fin dans un fourneau ordinaire à travers les charbons; il la recouvre avec une petite mouffle de porcelaine, et quand le tout est suffisamment chaud, il dirige sur le métal le courant d'air d'un soufflet

ordinaire à main : la coupellation de cette manière se fait avec une grande facilité, et à ce qu'il paroît, avec beaucoup d'exactitude.

§ III.

Des moyens d'augmenter considérablement l'action du feu, en substituant le gaz oxygène à l'air de l'atmosphère.

On a obtenu avec les grands verres ardens qui ont été construits jusqu'à ce jour, tels que ceux de Tchirnausen et celui de M. de Trudaine, une intensité de chaleur un peu plus grande que celle qui a lieu dans les fourneaux chimiques, et même dans les fours où l'on cuit la porcelaine dure. Mais ces instrumens sont extrêmement chers, et ils ne vont pas même jusqu'à fondre la platine brute; en sorte que leur avantage, relativement à l'effet qu'ils produisent, n'est presque d'aucune considération, et qu'il est plus que compensé par la difficuté de se les procurer et même d'en faire usage.

Les miroirs concaves à diamètre égal font un peu plus d'effet que les verres ardens; on en a la preuve par les expériences faites par MM. Macquer et Baumé, avec le miroir de M. l'abbé Bouriot: mais comme la direction des rayons réfléchis est de bas en haut, il faut opérer en l'air et sans support; ce qui rend absolument im-

possible le plus grand nombre des expériences chimiques.

Ces considérations m'avoient déterminé d'abord à essayer de remplir de grandes vessies de gaz oxygène, à y adapter un tube susceptible d'être fermé par un robinet, et à m'en servir pour animer avec ce gaz le feu des charbons allumés. L'intensité de chaleur fut telle, même dans mes premières tentatives, que je parvins à fondre une petite quantité de platine brute avec assez de facilité.

C'est à ce premier succès que je dois l'idée du gazomètre dont j'ai donné la description, page 24 et suivantes. Je l'ai substitué aux vessies; et comme on peut donner au gaz oxygène le degré de pression qu'on juge à propos, on peut non seulement s'en procurer un écoulement continu, mais lui donner même un grand degré de vîtesse.

Le seul appareil dont on ait besoin pour ce genre d'expériences, consiste en une petite table ABCD, *planche XII*, *fig.* 15, percée d'un trou en F, à travers lequel on fait passer un tube de cuivre ou d'argent FG, terminé en G par une très-petite ouverture qu'on peut ouvrir ou fermer par le moyen du robinet H. Ce tube se continue par-dessous la table en *lmno*, et va s'adapter au gazomètre avec l'in-

térieur duquel il communique. Lorsqu'on veut opérer, on commence à faire avec le tournevis K I un creux de quelques lignes de profondeur dans un gros charbon noir. On place dans ce creux le corps que l'on veut fondre : on allume ensuite le charbon avec un chalumeau de verre, à la flamme d'une chandelle ou d'une bougie ; après quoi on l'expose au courant de gaz oxygène qui sort avec rapidité par le bec ou extrémité G du tube F G.

Cette manière d'opérer ne peut être employée que pour les corps qui peuvent être mis sans inconvénient en contact avec les charbons, tels que les métaux, les terres simples, etc., A l'égard des corps dont les principes ont de l'affinité avec le charbon et que cette substance décompose, comme les sulfates, les phosphates, et en général presque tous les sels neutres, les verres métalliques, les émaux, etc., on se sert de la lampe d'émailleur, à travers de laquelle on fait passer un courant de gaz oxygène. Alors, au lieu de l'ajutage recourbé EG, on se sert de celui coudé ST, qu'on visse à la place et qui dirige le courant de gaz oxygène à travers la flamme de la lampe. L'intensité de chaleur que donne ce second moyen n'est pas aussi forte que celle qu'on obtient par le prémier, et ce n'est qu'avec beaucoup de peine qu'on parvient à fondre la platine.

Les supports dont on se sert dans cette se-

conde manière d'opérer, sont ou des coupelles d'os calcinés, ou de petites capsules de porcelaines, ou même des capsules ou cuillers métalliques. Pourvu que ces dernières ne soient pas trop petites, elles ne fondent pas, attendu que les métaux sont bons conducteurs de chaleur, que le calorique se répartit en conséquence promptement et facilement dans toute la masse, et n'en échauffe que médiocrement chacune des parties.

On peut voir dans les volumes de l'Académie, année 1782, page 476, et 1783, page 573, la suite d'expériences que j'ai faites avec cet appareil. Il en résulte, 1°. que le cristal de roche, c'est-à-dire la terre siliceuse pure, est infusible; mais qu'elle devient susceptible de ramollissement et de fusion, dès qu'elle est mélangée.

2°. Que la chaux, la magnésie et la baryte ne sont fusibles ni seules, ni combinées ensemble; mais qu'elles facilitent, sur tout la chaux, la fusion de toutes les autres substances.

3°. Que l'alumine est complettement fusible seule, et qu'il résulte de sa fusion une substance vitreuse opaque très-dure, qui raye le verre comme les pierres précieuses.

4°. Que toutes les terres et pierres composées se fondent avec beaucoup de facilité, et forment un verre brun.

5°. Que toutes les substances salines, même l'alkali fixe, se volatilisent en peu d'instans.

6°. Que l'or, l'argent, etc., et probablement la platine, se volatilisent lentement à ce degré de feu, et se dissipent sans aucune circonstance particulière.

7°. Que toutes les autres substances métalliques, à l'exception du mercure, s'oxident quoique placées sur un charbon; qu'elles y brûlent avec une flamme plus ou moins grande et diversement colorée, et finissent par se dissiper entièrement.

8°. Que les oxides métalliques brûlent également tous avec flamme; ce qui semble établir un caractère distinctif de ces substances, et ce qui me porte à croire, comme Bergman l'avoit soupçonné, que la baryte est un oxide métallique, quoiqu'on ne soit pas encore parvenu à en obtenir le métal dans son état de pureté.

9°. Que parmi les pierres précieuses, les unes, comme le rubis, sont susceptibles de se ramollir et de se souder, sans que leur couleur et même que leur poids soient altérés; que d'autres, comme l'hyacinthe dont la fixité est presque égale à celle du rubis, perdent facilement leur couleur; que la topase de Saxe, la topase et le rubis du Bresil non-seulement se décolorent promptement à ce degré de feu,

mais qu'ils perdent même un cinquième de leur poids, et qu'il reste, lorsqu'ils ont subi cette altération, une terre blanche semblable en apparence à du quartz blanc ou à du biscuit de porcelaine ; enfin que l'émeraude, la chrysolite et le grenat fondent presque sur-le-champ en un verre opaque et coloré.

10.° Qu'à l'égard du diamant, il présente une propriété qui lui est toute particulière, celle de se brûler à la manière des corps combustibles et de se dissiper entièrement.

Il est un autre moyen dont je n'ai point encore fait usage, pour augmenter encore davantage l'activité du feu par le moyen du gaz oxygène ; c'est de l'employer à souffler un feu de forge. M. Achard en a eu la première idée ; mais les procédés qu'il a employés et au moyen desquels il croyoit déphlogistiquer l'air de l'atmosphère, ne l'ont conduit à rien de satisfaisant. L'appareil que je me propose de faire construire, sera très-simple : il consistera dans un fourneau ou espèce de forge d'une terre extrêmement réfractaire ; sa figure sera à peu près semblable à celle du fourneau représenté *pl. XIII*, *fig.* 4 ; il sera seulement moins élevé et en général construit sur de plus petites dimensions. Il aura deux ouvertures, l'une en E à laquelle s'adaptera le bout d'un soufflet, et une seconde toute semblable,

à laquelle s'ajustera un tuyau qui communiquera avec le gazomètre. Je pousserai d'abord le feu aussi loin qu'il sera possible par le vent du soufflet; et quand je serai parvenu à ce point, je remplirai entièrement le fourneau de charbons embrasés; puis interceptant tout-à-coup le vent du soufflet, je donnerai par l'ouverture d'un robinet accès au gaz oxygène du gazomètre, et je le ferai arriver avec quatre ou cinq pouces de pression. Je puis réunir ainsi le gaz oxygène de plusieurs gazomètres, de manière à en faire passer jusqu'à huit à neuf pieds cubes à traves le fourneau; et je produirai une intensité de chaleur certainement très-supérieure à ce que nous connoissons. J'aurai soin de tenir l'ouverture supérieure du fourneau très grande, afin que le calorique ait une libre issue, et qu'une expansion trop rapide de ce fluide si éminemment élastique, ne produise point une explosion.

FIN.

TABLES

A L'USAGE

DES CHIMISTES.

TABLES
A L'USAGE DES CHIMISTES.

N.° I.

TABLE pour convertir les onces, gros et grains en fractions décimales de livre, poids de marc.

TABLE POUR LES GRAINS.

Grains, poids de marc.	*Fractions décimales de livre correspondantes.*	*Grains, poids de marc.*	*Fractions décimales de livre correspondantes.*
	livre.		livre.
1	0,00010850	13	0,00141059
2	0,00021701	14	0,00151909
3	0,00032552	15	0,00162760
4	0,00043402	16	0,00173611
5	0,00054253	17	0,00184461
6	0,00065104	18	0,00195312
7	0,00075954	19	0,00206163
8	0,00086805	20	0,00217014
9	0,00097656	21	0,00227864
10	0,00108507	22	0,00238715
11	0,00119357	23	0,00249566
12	0,00130208	24	0,00260417

Grains, poids de marc.	Fractions décimales de livre correspondantes.	Grains, poids de marc.	Fractions décimales de livre correspondantes.
	livre.		livre.
25	0,002712675	51	0,005533857
26	0,002821182	52	0,005642364
27	0,002929689	53	0,005750871
28	0,003038196	54	0,005859378
29	0,003146703	55	0,005967885
30	0,003255210	56	0,006076372
31	0,003363717	57	0,006184899
32	0,003472224	58	0,006293406
33	0,003580731	59	0,006401913
34	0,003689238	60	0,006510420
35	0,003797745	61	0,006618927
36	0,003906252	62	0,006727434
37	0,004014759	63	0,006835941
38	0,004123266	64	0,006944448
39	0,004231773	65	0,007052955
40	0,004340280	66	0,007161462
41	0,004448787	67	0,007269969
42	0,004557294	68	0,007378456
43	0,004665801	69	0,007486983
44	0,004774308	70	0,007595490
45	0,004882815	71	0,007703997
46	0,004991322	72	0,007812504
47	0,005099829	73	0,007921011
48	0,005208336	74	0,008029518
49	0,005316843	75	0,008138025
50	0,005425350	76	0,008246532

Grains, poids de marc.	Fractions décimales de livre correspondantes.	Grains, poids de marc.	Fractions décimales de livre correspondantes.
	livre.		livre.
77	0,008355039	89	0,009657123
78	0,008463546	90	0,009765630
79	0,008572053	91	0,009874137
80	0,008680560	92	0,009982644
81	0,008789067	93	0,010091151
82	0,008897574	94	0,010199658
83	0,009006081	95	0,010308165
84	0,009114588	96	0,010416672
85	0,009223095	67	0,010525179
86	0,009331602	98	0,010633686
87	0,009440109	99	0,010742193
88	0,009548616	100	0,010850700

POUR LES GROS.

gros.	livre.
1	0,0078125
2	0,0156250
3	0,0234375
4	0,0312500
5	0,0390625
6	0,0468750
7	0,0546875
8	0,0625000
9	0,0703125
10	0,0781250
11	0,0859375
12	0,0937500
13	0,1015625
14	0,1093750
15	0,1171875
16	0,1250000

POUR LES ONCES.

onces.	livre.
1	0,0625000
2	0,1250000
3	0,1875000
4	0,2500000
5	0,3125000
6	0,3750000
7	0,4375000
8	0,5000000
9	0,5625000
10	0,6250000
11	0,6875000
12	0,7500000
13	0,8125000
14	0,8750000
15	0,9375000
16	1,0000000

N.° II.

TABLE pour convertir les fractions décimales de livre, en fractions vulgaires.

POUR LES DIXIÈMES DE LIVRE.

Fractions décimales de livre.	*Fractions vulgaires de livre correspondantes.*			
livre.	onc.	gros	grains	
0,1	1	4	57,60	
0,2	3	1	43,20	
0,3	4	6	28,80	
0,4	6	3	14,40	
0,5	8	8	0	
0,6	9	4	57,60	
0,7	11	1	43,20	
0,8	12	6	28,80	
0,9	14	3	14,40	
1,	16	0		

POUR LES MILLIÈMES DE LIVRE.

Fractions décimales de livre.	*Fractions vulgaires de livre correspondantes.*		
livre.	gros.	grains.	
0,001	»	»	9,22
0,002	»	»	18,43
0,003	»	»	27,65
0,004	»	»	36,86
0,005	»	»	46,08
0,006	»	»	55,30
0,007	»	»	64,51
0,008	»	1	1,73
0,009	»	1	10,94
0,010	»	1	20,16

POUR LES CENTIÈMES DE LIVRE.

livre.	onc.	gros	grains.
0,01	»	1	20,16
0,02	»	2	40,32
0,03	»	3	60,48
0,04	»	5	8,64
0,05	»	6	28,80
0,06	»	7	48,96
0,07	1	0	69,12
0,08	1	2	17,28
0,09	1	3	37,44
0,10	1	4	57,60

POUR LES DIX MILLIÈMES DE LIVRE.

livre.	grains.
0,0001	0,92
0,0002	1,84
0,0003	2,76
0,0004	3,69
0,0005	4,61
0,0006	5,53
0,0007	6,45
0,0008	7,37
0,0009	8,29
0,0010	9,22

POUR LES CENT MILLIÈMES DE LIVRE.

Fractions décimales de livre.	*Fractions vulgaires de livre correspondantes.*
livre.	grains.
0,00001	0,09
0,00002	0,18
0,00003	0,28
0,00004	0,37
0,00005	0,46
0,00006	0,55
0,00007	0,64
0,00008	0,74
0,00009	0,83
0,00010	0,92

POUR LES MILLIONÈMES DE LIVRE.

Fractions décimales de livre.	*Fractions vulgaires de livre correspondantes.*
livre.	grains.
0,000001	0,01
0,000002	0,02
0,000003	0,03
0,000004	0,04
0,000005	0,05
0,000006	0,06
0,000007	0,07
0,000008	0,08
0,000009	0,09
0,000010	0,10

N.° III.

TABLE du nombre de pouces cubes correspondans à un poids déterminé d'eau.

TABLE POUR LES GRAINS.

Grains d'eau, poids de marc.	*Nombre de pouces cubes correspondans.*	*Grains, d'eau poids de marc.*	*Nombre de pouces cubes correspondans.*
1	0,003	23	0,062
2	0,005	24	0,065
3	0,008	25	0,067
4	0,011	26	0,070
5	0,013	27	0,073
6	0,016	28	0,076
7	0,019	29	0,078
8	0,022	30	0,081
9	0,024	31	0,084
10	0,027	32	0,086
11	0,030	33	0,089
12	0.032	34	0,092
13	0,035	35	0,094
14	0,038	36	0,097
15	0,040	37	0,100
16	0,043	38	0,103
17	0,046	39	0,105
18	0.049	40	0,108
19	0,051	41	0,111
20	0,054	42	0,113
21	0,057	43	0,116
22	0,059	44	0,119

Grains d'eau, poids de marc.	*Nombre de pouces cubes correspondans*	*Grains d'eau, poids de marc.*	*Nombre de pouces cubes correspondans*
45	0,121	59	0,159
46	0,124	60	0,162
47	0,127	61	0,165
48	0,130	62	0,167
49	0,132	63	0,170
50	0,135	64	0,173
51	0,138	65	0,175
52	0,140	66	0,178
53	0,143	67	0,181
54	0,146	68	0,184
55	0,148	69	0,186
56	0,151	70	0,189
57	0,154	71	0,192
58	0,157	72	0,194

TABLE POUR LES GROS.

	pouc. cub.
1	0,193
2	0,386
3	0,579
4	0,772
5	0,965
6	1,158
7	1,351
8	1,543

TABLE POUR LES ONCES.

	pouc. cub.
1	1,543
2	3,086
3	4,629
4	6,172
5	7,715
6	9,258
7	10,801
8	12,344
9	13,887
10	15,430
11	16,973
12	18,516
13	20,059
14	21,602
15	23,145
16	24,687

TABLE POUR LES LIVRES.

Livres d'eau, poids de marc.	*Nombre de pouces cubes correspond.*	*Livres d'eau, poids de marc.*	*Nombre de pouces cubes correspondans.*
	pouces cub.		pouces cub.
1	24,087	20	493, 7 40
2	49,374	21	518,427
3	74,061	22	548,114
4	98 748	23	567,801
5	123,420	24	592,448
6	148,122	25	617,175
7	172,809	26	641,862
8	197,496	27	666,549
9	222,180	28	691,236
10	246,870	29	715,923
11	271,557	30	740,610
12	296,244	40	987,480
13	320,931	50	1237,200
14	345.618	60	1481,220
15	370,305	70	1728,000
16	394,992	80	1974,960
17	419,676	90	2221,800
18	444,360	100	2328,700
19	469,050		

N.° IV.

TABLE pour convertir les lignes et fractions de ligne en fractions décimales de pouce.

TABLE POUR LES FRACTIONS DE LIGNE.

Douzièmes de lignes.	*Fractions décimales de pouce correspondantes.*
	pouces.
1	0,00694
2	0,01389
3	0,02083
4	0,02778
5	0,03472
6	0,04167
7	0,04861
8	0,05556
9	0,06250
10	0,06944
11	0,07639
12	0,08333

TABLE POUR LES LIGNES.

Lignes.	*Fractions décimales de pouce correspondantes.*
	pouces.
1	0,08333
2	0,16667
3	0,25000
4	0,33333
5	0,41667
6	0,50000
7	0,58333
8	0,66667
9	0,75000
10	0,83333
11	0,91667
12	1,00000

N.° V.

TABLE pour convertir les hauteurs d'eau observées dans les cloches ou jarres, en hauteurs correspondantes de mercure, exprimées en fractions décimales de pouce.

Hauteur de l'eau exprimée en lignes.	*Hauteur correspondante du mercure exprimée en fractions décimales de pouce.*	*Hauteur de l'eau exprimée en lignes.*		*Hauteur correspondante du mercure exprimée en fractions décimales de pouce.*
lignes.	pouces.	pou.	lig.	pouces.
1	0,00614		20	0,12284
2	0,01228		21	0,12898
3	0,01843		22	0,13512
4	0,02457		23	0,14126
5	0,03071	2		0,14741
6	0,03685	3		0,22111
7	0,04299	4		0,29481
8	0,04914	5		0,36852
9	0,05528	6		0,44222
10	0,06142	7		0,51593
11	0,06756	8		0,58963
12	0,07370	9		0,66333
13	0,07985	10		0,73704
14	0,08599	11		0,81074
15	0,09213	12		0,88444
16	0,09827	13		0,95815
17	0,10441	14		1,03185
18	0,11055	15		1,10556
19	0,11670	16		1,17926

N.° VI.

TABLE des quantités de pouces cubiques français correspondans à une once, mesure de M. Priestley.

Onces, mesure de M. Priesley.	*Pouces cubiques français correspond.*	*Onces, mesure de M. Priestley.*	*Pouces cubiques français correspondans.*
	pouces cub.		pouces cub.
1	1,567	20	31,340
2	3,134	30	47,010
3	4,701	40	62,680
4	6 268	50	78,350
5	7,835	60	94,020
6	9,402	70	109,690
7	10,969	80	125,360
8	12,536	90	141,030
9	14,103	100	156.700
10	15,670	200	313,400
11	17,237	300	470,100
12	18,804	400	626,800
13	20,371	500	783,500
14	21.938	600	940,200
15	23,505	700	1096,900
16	25,072	800	1253,600
17	26,639	900	1410,300
18	28,206	1000	1567,000
19	29.773		

N.° VII.

TABLEAU des pesanteurs des différens Gaz à 28 pouces de pression et à 10 degrés du thermomètre.

Noms des airs ou gaz.	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*	*Observations.*
	grains.	onc. gros gr.	
Air atmosphérique...	0,46005	1..3.. 3,00	D'après mes expé.
Gaz azote	0,44444	1..2..48,00	D'après mes expé.
Gaz oxygène.....	0,50694	1..4..12,00	D'après mes expé.
Gaz hydrogène.....	0,03539	»..»..61,15	D'après mes expé.
Gaz acide carbonique.	0,68985	2..»..40,00	D'après mes expé.
Gaz nitreux.....	0,54690	1..5.. 9,04	D'après M. Kirwan
Gaz ammoniaque....	0,27488	»..6..43,00	D'après M. Kirwan
Gaz acide sulfureux..	1,03820	3..»..66,00	D'après M. Kirwan

N.° VIII.

TABLE des pesanteurs spécifiques des substances minérales, extraite de l'ouvrage de M. BRISSON.

SUBSTANCES MÉTALLIQUES.

Noms des substances métalliques	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gra.	iv. onc. gr. grain.
Or....	Or à 24 karats, fondu et non forgé.	19258	12.3.62	1348. 1.0.41
	Le même fondu et forgé.	19361	12.4.28	1355. 5.0.60
	Or au titre de Paris ou à 22 karats, fondu et non forgé.	17486	11.2.48	1224. 0.5.18
	Le même fondu et forgé.	17589	11.3.15	1231. 4.1. 2
	Or au titre de la monnoie de France, ou à 21 $\frac{23}{32}$ karats, fondu et non forgé.	17402	11.2.17	1218. 2.3.51
	Le même monnoyé.	17647	11.3.36	1235. 5.0.51
	Or au titre des bijoux ou à 20 karats, fondu et non forgé.	15709	10.1 33	1099.10.0.46
	Le même fondu et forgé.	15774	10.1.57	1104. 3.4.30
Argent.	Argent à 12 deniers, fondu et non forgé.	10474	6.6.22	733. 3.1.52
	Le même fondu et forgé.	10510	6.6.36	735.11.7.43

SUBSTANCES MÉTALLIQUES.

Noms des substances métalliques.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on gr. g.	liv. onc. gr. g.
Argent...	Argent au titre de Paris, ou à 11 deniers 10 grains, fondu et non forgé	101752	6.4.55	712. 4.1.57
	Le même fondu et forgé.	103765	6.5.58	726. 5.5.32
	Argent au titre de la monnoie de France, ou à 10 deniers 21 grains, fondu et non forgé	100476	6.4. 7	703. 5.2.36
	Le même monnoyé	104077	6.5.70	728. 8.4.71
Platine...	Platine brut en grenailles.	156017	10.0.65	1092. 1.7.17
	Le même, décapé par l'acide muriatique.	167521	10.6.62	1172.10.2.59
	Platine purifié fondu	195000	12.5. 8	1365. 0.0. 0
	Platine purifié forgé	203366	13.1.32	1423. 8.7.67
	Platine purifié, passé par la filière.	210417	13 5. 8	1472.14.5.46
	Platine purifié, passé au laminoir.	220690	14.2.31	1544.13.2.17
Cuivre...	Cuivre rouge fondu et non forgé.	77880	5.0.28	545. 2.4.35
	Le même, fondu et passé à la filière.	88785	5.6. 3	621. 7.7.26
	Cuivre jaune fondu et non forgé	83958	5.3.38	587.11.2.26
	Le même, fondu et passé à la filière.	85441	5.4.22	598. 1.3.10

UBSTANCES MÉTALLIQUES.

Noms des substances métallique	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gra.	livres. on. g. grains.
Fer	Fer fondu.	72070	4.5.27	504. 7.6 52
	Fer forgé en barre, écroui ou non écroui.	77880	5.0.28	545. 2.4.35
	Acier ni trempé, ni écroui.	78331	5.0.44	548. 5.0.41
	Le même écroui et non trempé.	78404	5.0.47	548.13.1.71
	Le même écroui et ensuite trempé.	78180	5.0.39	547. 4.1.20
	Le même trempé et non écroui.	78163	5.0.38	547. 2.2. 3
Etain...	Etain pur de Cornouaille, fondu et non écroui.	72914	4.5.58	510. 6.2.68
	Le même fondu et écroui.	72994	4.5.61	510.15.2.45
	Etain de Mélac, fondu et non écroui.	72963	4.5.60	510.11.9.61
	Le même fondu et écroui.	73065	4.5.64	511. 7 2.17
Plomb..	Plomb fondu.	113523	7.2.62	794.10.4.44
Zinc....	Zinc fondu.	71908	4.5.21	503. 5.5.41
Bismuth.	Bismuth fondu.	98227	6.2.67	687. 9.3.28
Cobalt. .	Cobalt fondu.	78119	5.0.36	546.13.2.45
Antim..	Antimoine fondu.	67021	4.2.54	469. 2.2 59
	Antimoine crud.	40643	2.5. 5	284. 8.0. 9
	Verre d'antimoine.	49464	3.1.47	346. 3.7.64

SUBSTANCES MÉTALLIQUES.

Noms des substances métalliques	*VARIETÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gra.	liv on. gr. grain.
Arsenic..	Arsenic fondu...	57633	3.5.64	63. 6.7.12
Nickel. ..	Nickel fondu....	78070	5.0.35	546. 7.6.52
Molybden	.....	47385	3.0.41	331.11.1.69
Tungsten	.....	60655	3.7.33	424.10.3.60
Mercure..	.....	35681	2.6.25	949.12.2.13

PIERRES PRÉCIEUSES.

Noms des pierres précieuses.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. gr. grain.
Diamant.	Diamant oriental blanc.	35212	2.2.19	246. 7.5.69
	Diamant oriental couleur de rose.	35310	2.2.22	247. 2.5.55
Rubis....	Rubis oriental.	42833	2.5.57	229.13.2.26
	Rubis Spinelle.	37000	2.3.36	263. 3.1.43
	Rubis Balai.	36458	2.2.65	255. 3.2.26
	Rubis du Brésil.	35311	2.2.22	247. 2.6.47
Topaze. .	Topaze orientale.	40106	2.6.57	280.11.6.70
	Topaze - pistache orientale.	40615	2.5. 4	284. 4 7. 3
	Topaze du Brésil.	35365	2.2.24	247. 8.7. 3

PIERRES PRÉCIEUSES.

Noms des pierres précieuses.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on gr. g.	liv. onc. g. gr.
Topaze. .	Topaze de Saxe.	35640	2.2.35	249. 7.5.32
	Topaze blanche de Saxe.	35535	2 2.31	248.11.7.26
Saphir. .	Saphir oriental.	39941	2.4.51	279. 9.3.10
	Saphir oriental blanc.	39911	2.4 50	279. 6.0.18
	Saphir du Puy.	40769	2.5.10	285. 6.1. 2
	Saphir du Brésil.	31307	2.0.17	219. 2.3. 5
Girasol. .	. . . . .	40000	2.4.53	280. 0.0. 0
Jargon. .	Jargon de Ceylan.	44161	2.6.65	309. 2.0.18
Hyacinth.	Hyacinthe commune.	36873	2.3. 9	258. 1.5.22
Vermeill.	. . . . .	42299	2 5.67	296. 1.3.65
Grenat. .	Grenat de Bohême.	41888	2.5.52	293. 3.3.47
	Grenat en cristal dodécaèdre.	40627	2.5. 5	284. 6.1.57
	Grenat en cristal à 24 faces, volcanisé.	24684	1.4.58	172.12.4.62
	Grenat Syrien.	40000	2.4.53	280. 0.0. 0
Emerau. .	Emeraude du Pérou.	27755	1.6.28	194. 4.4.35
Chrysolite	Chrysolite des Jouailliers.	27821	1.6.31	194.11.7.44
	Chrysolite du Brésil.	26923	1.5.69	188. 7.3. 1
Aigue-marine. .	Aigue-marine orientale ou Béril.	35489	2.2.29	248. 6.6.10
	Aigue-marine occidentale.	27227	1.6. 8	190. 9.3.28

PIERRES SILICEUSES.

Noms des pierres siliceuses.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			onc. g. gr	liv. onc. g. gr.
Cristal de Roche.	Cristal de roche limpide de Madagascar.	26530	1.5.54	185.11.2.64
	Cristal de roche du Brésil.	26526	1.5.54	185.10.7.21
	Cristal de roche gélatineux ou d'Europe.	26548	1.5.55	185.13.3. 1
Quartz.	Quartz cristallisé.	26546	1.5.55	185 13.1.16
	Quartz en masse.	26471	1.5.52	185. 4.6. 1
Grès.	Grès des paveurs.	24158	1.4.38	169. 1.5.41
	Grès des rémouleurs.	21429	1.3. 8	150. 0.0.28
	Grès des couteliers.	21113	1.2.68	147.12.5.18
	Grès luisant de Fontainebleau.	25616	1.5.20	179. 4.7.67
	Pierre à faulx à grain moyen d'Auvergne	25638	1.5.21	179. 7.3.47
	Pierre à faulx de Lorraine.	25298	1.5. 8	177. 1.3. 1
Agathe.	Agathe orientale.	25901	1.5.31	181. 4.7.21
	Agathe Onix.	26375	1.5.49	184.10.0. 0
Calcédoin.	Calcédoine limpide	26640	1.5.59	186. 7.5.32
Cornaline	.....	26137	1.5.40	182.15.2.54
Sardoine.	Sardoine pure.	26025	1.5.36	182. 2.6.39
Prase. . .	.....	25805	1.5.27	180.10.1.20
Pierre à fusil. . .	Pierre à fusil blonde	25941	1.5.32	181. 9.3.10
	Piere à fusil noirâtre	25817	1.5.28	180.11.4. 2

PIERRES SILICEUSES.

Noms des pierres siliceuses.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. gr. grain.
Caillou..	Caillou Onix.	26644	1.5.59	186. 8.1. 2
	Caillou de Rennes	26538	1.5.55	185.12.2. 3
Pierre meulière.	.....	24835	1.4.65	173.13.4.12
Jade.....	Jade blanc.	29502	1.7.21	206. 8.1.57
	Jade verd.	29660	1.7.27	207. 9.7.26
Jaspe....	Jaspe rouge.	26612	1.5.53	186. 4.4.23
	Jaspe brun.	26911	1.5.59	188. 6.0.18
	Jaspe jaune.	27101	1.6. 4	189.11.2.36
	Jaspe violet.	27111	1.6. 4	189.12.3.33
	Jaspe gris.	27640	1.6.24	193. 7.5.32
	Jaspe Onix ou rubanné.	28160	1.6 43	197. 1.7.26
Schorl...	Schorl noir, prismatiq. hexaèdre.	33636	2.1.32	235. 7.1.62
	Schorl noir spathique.	33852	2.1.40	236 15.3.28
	Schorl noir en masse, dit Basalte noir antique.	29225	1.7.11	204. 9.1.43

PIERRES ARGILLEUSES ou ALUMINEUSES.

Noms des pierres.	*VARIETÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gra.	liv. on. gr. grain.
Serpentine.	Serpentine opaque verte d'Italie, dite Gabro des Florentins.	24295	1.4.47	170. 1.0.23

PIERRES ARGILLEUSES OU ALUMINEUSES.

Noms des pierres.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			onc. g. gr.	liv. onc. g. gr.
Stéatite.	Craie de Briançon grossière.	27274	1.6.10	190.14.5.56
	Craie d'Espagne.	27902	1.6.34	195. 5.0.14
	Pierre ollaire feuilletée du Dauphiné.	27687	1.6.26	193.12.7.40
	Pierre ollaire feuilletée de Suède.	28531	1.6.57	199 11.3.56
Talc. . .	Talc de Moscovie.	27917	1.6.34	195. 6.5.46
	Mica noir.	29004	1.7. 3	203. 0.3.42
Schiste. .	Schiste commun.	26718	1.5.61	187. 0.3.24
	Ardoise pauve.	28535	1.6.57	199.11.7.26
	Pierre à rasoir blanche.	28763	1.6.66	201. 5.3.47
	Pierre à rasoir noire et blanche.	31311	2.0.17	219. 2.6.47

PIERRES CALCAIRES.

Spath calcaire. .	Spath calcaire rhomboïdal, dit Cristal d'Islande.	27151	1.6. 6	190. 0.7.21
	Spath calcaire pyramidal, dit Dent de de Cochon.	27141	1.6. 5	189.15.6.24
Albâtre. .	Albâtre Oriental blanc antique.	27302	1.6.11	191. 2.6.42
Marbres.	Marbre campan vert.	27417	1.6.16	191.14.5.46
	Marbre campan rouge.	27242	1.6. 9	190.11.0.60
	Marbre blanc de Catare.	27168	1.6. 6	190. 2.6.38

PIERRES CALCAIRES.

Noms des pierres.	*VARIETÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids d'un pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	livres. on. gr. gr.
Marbre.	Marbre blanc de Paros.	28376	1.6.51	198.10.0.65
Pierres calcaires à bâtir.	Pierre de St.-Leu, de la carrière de St.-Leu.	16593	1.0.43	116. 2.3.24
	Pierre de St.-Leu, de la carrière de Notre-Dame.	18094	1.1.28	126.10.4.16
	Pierre de Vergelet, du plus gros grain.	16542	1.0.42	115.12.5.46
	Pierre d'Arcueil.	20605	1.2.49	144. 3.6. 6
	Pierre de Liais, du fond de Bagneux, de la carrière de Mme. Ricateau.	20778	1.2.56	145. 7.1. 6
	Pierre de Liais, du fonds de Bagneux, de la carrière de M. Orry.	23902	1.4.28	167. 5.0.14
	Pierre des carrières de Bourré.	13864	0.7.14	97. 1.6.10
	Pierre de Passy près Tonnerre.	23340	1.4. 7	163. 6.0.46
	SPATS.			
Spath pesant, ou Sulfate de baryte.	Spath pesant blanc.	44300	2.6.70	310. 1.4.58
Spath fluor, ou Fluate de chaux.	Spath fluor blanc.	31555	2.0.26	220.14.1.20
	Spath fluor rouge.	31911	2.0.39	223. 6.0.18
	Spath fluor vert.	31817	2.0.36	222.11.2.17
	Spath fluor bleu.	31688	2.0.31	221.13.0.32
	Spath fluor violet.	31757	2.0.34	222. 4.6.2

ZÉOLITE.

Noms des pierres.	*VARIETÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	livre on. g. gr.
Zéolite. .	Zéolite étincelante rouge d'Œdelfors.	24868	1. 4. 64	174. 1. 1. 52
	Zéolite étincelante, blanche.	20379	1. 2. 54	145. 2. 6. 10
	Zéolite cristallisée.	20833	1. 2. 58	145. 12. 2. 26
PEISCHTEIN ou PIERRE DE POIX.				
Pierres de poix.	Pierre de poix noire.	20499	1. 2. 45	143. 7. 7. 7
	Pierre de poix jaune.	20860	1. 2. 59	146. 0. 2. 40
	Pierre de poix rouge.	26695	1. 5. 61	186. 13. 6. 52
	Pierre de poix noirâtre	23191	1. 4. 2	162. 5. 3. 10
PIERRES MÉLANGÉES.				
Porphyre	Porphyre rouge.	27651	1. 6. 24	193. 8. 7. 21
	Porphyre rouge du Dauphiné.	27933	1. 6. 35	195. 8. 3. 70
Serpentin	Serpentin vert.	28960	1. 7. 1	202. 11 4. 12
	Serpentin noir, dit variolite du Dauphiné.	29339	1. 7. 15	205. 5. 7 54
	Serpentin vert du Dauphiné.	29883	1. 7. 36	209. 2. 7. 12
Ophite. .	.....	29721	1. 7. 30	208. 0. 6. 66
Granitèle	....	30626	1. 7. 63	214. 6. 0. 65
Granit . .	Granit rouge d'Egyp.	26541	1. 5. 55	185. 12. 4. 53
	Granit d'un beau rouge.	27609	1. 6. 25	193. 4. 1. 48
	Granit de la Vallée de Girardmas dans les Vosges.	27163	1. 6. 6	190. 2. 2. 3

PIERRES DE VOLCANS.

Noms des pierres.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	liv. on. gr. gr.
Pierres de volcans.	Pierre-ponce.	9145	».4.5.	64. 0.1.66
	Lave pleine de Volcans, dite *Pierre obsidienne.*	23480	1.4.13	164. 5.6. 6
	Pierre de Volvic.	23205	1.4. 2	162. 6.7.49
	Basalte de la Chaussée des Géans.	28642	1.6.61	200. 7.7.17
	Basalte prismatique d'Auvergne.	24215	1.4.40	169. 8.0.46
	Basalte, dit *Pierre de touche.*	24153	1.4.38	169. 1.1. 6

VITRIFICATIONS ARTIFICIELLES.

Verres.	Laitier des forges.	28548	1.6.58	199.13.3. 1
	Verre des bouteilles.	27325	1.6.12	191. 4.3.14
	Verre vert ou commun des vitres.	26423	1.5.50	184.15.3. 1
	Verre blanc ou cristal de France.	28922	1.7. 0	202. 7.2. 8
	Cristal des glaces de St.-Gobin.	24882	1.4.62	174. 2.6.20
	Cristal d'Angleterre dit *Flint-glass.*	35203	2.1.19	233. 0.6.38
	Verre de borax.	26070	1.5.37	182. 7.6.52
Porcelaine.	Porcelaine dure du roi ou de Sèves.	21457	1.3. 9	150. 3.1.34
	Porcelaine de Limoges.	23410	1.4.10	163.13.7.26
	Porcelaine de la Chine.	23847	1.4.26	166.14.6.66

MATIÈRES INFLAMMABLES.

Noms des Pierres.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. gr.	livres. on. gr. gr.
Soufre.	Soufre natif.	20332	1.2.39	142.5.1.34
	Soufre fondu.	19907	1.2.23	139.5.3.56
Bitumes.	Charbon de terre compacte.	13292	0.6.64	93. 0.5.46
	Ambre gris.	9263	0.4.58	64.13.3.47
	Ambre jaune ou succin transparent.	10780	0.5.42	75.7.2.63

TABLE des Pèsanteurs spécifiques des Fluides.

EAUX.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Eaux.	Eau distillée.	10000	0.5.13 $\frac{1}{2}$	70. 0.0. 0
	Eau de pluie.	10000	0.5.13 $\frac{1}{3}$	70. 0.0. 0
	Eau de la Seine filtrée	10001,5	0.5.13,4	70. 0.1.25
	Eau d'Arcueil.	10004,6	0 5.13,5	70. 0.4. 9
	Eau de Ville-d'Avray.	10004,3	0.5 13,5	70. 0 3.61
	Eau de mer.	10263	0.5.23	71.13.3.47
	Eau du lac Asphaltite ou de la mer morte.	12403	0.6.31	86.13.1. 6

LIQUEURS SPIRITUEUSES.

Vins.	Vin de Bourgogne.	9915	0.5.10	69. 6.3.60
	Vin de Bordeaux.	9937	0.5.11	69. 9.1.25
	Vin de Malvoisie de Madère.	10382	0.5.28	72.10.6.20
	Bierre rouge.	10338	0.5.26	72. 5.6.61
	Bierre blanche.	10231	0.5.22	71. 9.6.70
	Cidre.	10181	0.5.20	71. 4.2.13
Esprit-de-vin, ou alkool.	Alkool du commerce.	8371	0.4.25	58. 9.3.30
	Alkool très-rectifié.	8293	0.4.22	58. 0.6.38
	Alkool mêlé d'eau.			
	Alkool. parties. *Eau.* parties.			
	15. . . . . 1..	8527	0.4.30	59.11.0.14
	14. . . . . 2..	8674	0.4.36	60.11.4. 3
	13. . . . . 3..	8815	0.4.41	61.11.2.17
	12. . . . . 4..	8947	0.4.46	62.10.0.37
	11. . . . . 5..	9075	0.4.51	63. 8.3.14
	10. . . . . 6..	9193	0.4.55	64. 6.2.22
	9. . . . . 7..	8317	0.4.60	66. 3.4. 2

LIQUEURS SPIRITUEUSES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
	Alkool mêlé d'eau.			
	Alkool parties. — *Eau.* parties.		on. g. gra.	livres. on. gr grai.
Esprit-de-vin, ou alkool.	8..... 8..	9427	0..4.64	65.15.6.43
	7..... 9..	9519	0..4.67	66.10.1. 2
	6.....17..	9598	0. 4.70	67. 2.7.58
	5. .....11..	9674	0..5. 1	67.11.3.66
	4.....12..	9733	0..5. 3	68. 2.0.55
	3.....13..	9791	0..5. 6	68. 8.4.53
	2.....14..	9852	0..5. 8	68.15.3.28
	1.....15..	9919	0..5.10	69. 6.7.31
Ether...	Ether sulfurique.	7396	0..3.60	51.12.2.59
	Ether nitrique.	9088	0..4.51	63. 9.6.61
	Ether muriatique.	7296	0..3.56	51. 1.1.16
	Ether acétique.	8664	0..4.35	60.10.2.68
	LIQUEURS ACIDES.			
Acides minéraux	Acide sulfurique.	18409	1..1.39	128.13.6.33
	Acide nitrique.	12715	»..6.43	89. 0.0.46
	Acide muriatique.	11940	»..6.14	83. 9.2.17
Acides végétaux.	Acide acéteux rouge	10251	0..5.23	71.12.0.65
	Acide acéteux blanc	10135	0..5.18	70.15.0.69
	Acide acéteux distilé	10095	0..5.17	70.10.5. 9
	Acide acétique.	10526	0..5.37	74. 6.0.65
Acides animaux.	Acide formique.	9942	0..5.11	69. 9.4. 2
	ALKALI VOLATIL ou AMMONIAQUE.			
Ammoniaque.	Ammoniaque en liqueur.	8970	0..4.47	62.12.5. 9

LIQUEURS HUILEUSES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			on. g. gra.	livres. on. g. grains.
Huiles volatiles ou essentielles.	Huile essentielle de térébenthine.	8697	0..4.37	60.14.0.37
	Térébenthine liquide	9910	0..5.10	69. 5.7.26
	Huile essentielle de Lavande.	8938	0..4.46	62. 9.0.32
	Huile essentielle de Girofle.	10363	0..5.27	72. 8.5.18
	Huile essentielle de Canelle.	10439	0..5.30	73. 1.1.25
Huiles fixes, ou grasses.	Huile d'Olives.	9153	0..4.54	64. 1.1.
	Huile d'amande douce.	9170	0..4.54	64. 3.0.23
	Huile de Lin.	9403	0..4.63	65.13.1. 6
	Huile de Pavot.	9288	0..4.57	64.10.5.18
	Huile de Faîne.	9176	0..4.55	64. 3.5.50
	Huile de Baleine.	9258	0..4.57	64.10.0.55

LIQUEURS ANIMALES.

Liqueurs animales.	Lait de femme.	10203	0..5.21	71. 6.5.64
	Lait de jument.	10346	0..5.26	72. 6.6. 1
	Lait d'ânesse.	10355	0..5.27	72. 7.6. 6
	Lait de chèvre.	10341	0..5.26	72. 6.1.39
	Lait de brebis.	10409	0..5 29	72.13.6.33
	Lait de vache.	10324	0..5.25	72. 4.2.22
	Petit-lait de vache clarifié.	10193	0..5 20	71. 5.4 67
	Urine humaine.	10106	0..5.17	70. 1.6.70

TABLE des Pesanteurs spécifiques de quelques substances végétales et animales.

ESPÈCES	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouc. cube.	Poids du pied cube.
			on. gr. g.	livres. on g. gr.
Résines.	Résine jaune ou blanche du pin.	10727	5.40	75. 1.3.28
	Arcançon.	10857	5.45	75.15.7.63
	Galipot.	10819	5.54	75.11.5.59
	Baras.	10441	5.30	73. 1.3.10
	Sandaraque.	10920	5.48	76. 7.0.23
	Mastic.	10742	5.41	75. 3.0.60
	Storax.	11098	5.54	77.10.7.58
	Résine ou gomme copale opaque.	11398	5.28	72.12.4.44
	Gomme copale transparente	10452	5.30	73. 2.4.71
	Gomme copale de Madagascar.	10600	5.36	74. 3.1.43
	Gomme copale de la Chine.	10628	5.37	74. 6.2.50
	Résine ou gomme Elémi.	10182	5.20	71. 4.3. 5
	Résine ou gomme animée d'Orient.	10284	5.24	71.15.6.33
	Résine ou gomme animé d'Occident.	10426	5.29	72.15.5.50
	Labdanum.	11862	6.11	83. 0.4.25
	Labdanum *in tortis*.	24833	1.4.67	174. 8.3.70
	Résine ou gomme de gayac.	12289	6.27	86. 0.2.68
	Résine de jalap.	12185	6.23	85. 4.5.55
	Sang-dragon.	12045	6.18	84. 5.0.23
	Résine ou gomme-laque.	11390	5.65	79.11.5.32
	Résine tacamaque.	10463	5.31	73. 3.6.61
	Benjoin.	10924	5.48	76. 7.3.36
	Résine ou gomme alouchi.	10604	5.36	74. 3.5.13

ESPÈCES	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			on. g. gr	liv. on. g. gr.
Résines.	Résine ou gomme caragne.	11244	5.60	78.11.2.45
	Résine ou gomme élastique.	9335	4.61	65. 5.4.12
	Camphre.	9887	5. 9	69. 3.2.54
Gommes-résines.	Gommeammoniaque	12071	6.19	84. 7.7.44
	Gomme séraphique.	12008	6.16	84. 0.7.12
	Gomme de lierre ou hédéré.	12948	6.51	90.10.1.29
	Gomme gutte.	12216	6.24	85. 8.1.39
	Euphorbe.	11244	5.60	78.11.2.45
	Oliban ou encens.	11732	6. 6	82. 1.7.63
	Mirrhe.	13600	7. 4	95. 3.1.43
	Bdélium.	13717	5.65	79.10.1.57
	Scammonée d'Alep.	12354	6.29	86. 7.5.13
	Scammoné de Smyrne.	12743	6.44	89. 3.1.52
	Galbanum.	12120	6.20	84.13.3.37
	Assa fœtida.	13275	6.64	92.14.6.29
	Sarcocolle.	12084	6.42	88.12.4.62
	Opopanax.	16226	1.0.20	113. 9.2.36
Gommes.	Gomme commune, ou de Païs.	14817	0.7.49	103.11.4. 2
	Gomme arabique.	14523	7.38	101.10.4.44
	Gomme adraganthe.	13161	6.59	92. 2.0.18
	Gomme de Bassora.	14346	7.32	100. 6.6. 1
	Gomme d'Acajou.	14456	7.36	101. 3.0.41
	Gomme monbain.	14206	7.26	99. 7.0.41
Sucs épaissis.	Suc de réglisse.	17228	1.0.67	120. 9.4.21
	Suc d'acacia.	15153	7.62	106. 1.1. 6
	Suc d'arec.	14573	7.40	102. 0.1.29
	Cachou.	13980	7.18	97.13.6. 6
	Aloès hépathique.	13586	7. 3	95. 1.5. 4
	Aloès socotrin.	13795	7.11	96. 9.0 23

ESPÈCES	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Sucs épaissis.	Hyociste.	15263	7.66	106.13.3.47
	Opium.	13366	6.67	93. 8.7. 3
Fécules.	Indigo.	7690	0.3.71	53.13.2.17
	Roucou.	5956	0.3. 6	41.11.0.41
Cires et graisses.	Cire jaune.	9648	5. 0	67. 8.4.44
	Cire blanche.	9686	5. 2	67.12.6.47
	Cire d'ouarouchi.	8970	4.47	62.12.5. 9
	Beurre de Cacao.	8916	4.45	62. 6.4.53
	Blanc de baleine.	9433	4.64	66. 0.3.70
	Graisse de bœuf.	9232	4.57	64. 9.7.63
	Graisse de veau.	9341	4.61	65. 6.1.39
	Graisse de mouton.	9235	4.57	64.10.2.40
	Suif.	9419	4.64	65.14.7.31
	Graisse de cochon.	9368	4.62	65. 9.1.52
	Lard.	9478	4.66	66. 5.4.21
	Beurre.	9423	4.64	65.15.3. 1
Bois.	Chêne de 60 ans, le cœur.	11700	6. 5	81.14.3.14
	Liège.	2400	1.18	16.12.6.29
	Orme, le tronc.	6750	3.35	46.15.4.12
	Fresne, le tronc.	8450	4.27	59. 2.3.14
	Hêtre.	8520	4.30	59.10..65
	Aune.	8000	4.11	56. 0.0. 0
	Erable.	7550	3.66	52.13.4.58
	Noyer de France.	6710	3.35	46.15.4.12
	Saule.	5850	3. 2	40.15.1.43
	Tilleul.	6040	3. 9	42. 4.3.60
	Sapin mâle.	5500	2.61	38. 8.0. 0
	Sapin femelle.	4980	2.42	39.13.6. 6
	Peuplier.	3830	1.71	26.12.7.49
	Peuplier blanc d'Espagne.	5294	2.54	37. 0.7 31
	Pommier.	7930	4. 8	55. 8.1.20
	Poirier.	6610	3.31	46. 4.2.40

ESPÈCES	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouc. cube.	Poids du pied cube.
			g. gar.	liv. on g. gra
Bois.	Coignassier.	7050	3.47	49. 5.4.58
	Neflier.	9340	4.64	66. 1.2 17
	Prunier.	7850	4. 5	54.15.1.43
	Olivier.	9270	4.58	64.14.1.66
	Cerisier.	7150	3.51	50. 0.6.29
	Coudrier ou Noisetier.	6000	3. 8	42. 0.0. 0
	Buis de France.	9120	4.52	63.13.3.37
	Buis de Hollande.	13280	6.64	92.15.2.63
	If de Hollande.	7880	4. 6	55. 2.4.35
	If d'Espagne.	8070	4.13	56. 7.6.52
	Cyprès d'Espagne.	6440	3.24	45. 1.2.17
	Thuya.	5608	2.65	39. 4.0.55
	Grenadier.	13540	7. 1	94.12.3.60
	Mûrier d'Espagne.	8970	4.47	62.12.5. 9
	Gayac.	13330	6.66	93. 4.7.49
	Oranger.	7050	3.47	49. 5.4.58

TABLE
DES MATIÈRES.

Les deux Volumes sont désignés par I et II.

A

ACIDES. Ils résultent en général d'un premier ordre de combinaisons formées par la réunion de deux principes simples, I. 163.-Savoir, d'un radical particulier et d'un principe acidifiant commun à tous, l'oxygène, 60.-C'est, en général, le résultat de la combustion ou de l'oxygénation d'un corps, 70.-Leurs dénominations générales se tirent de celle de leur base acidifiable, 72.-Difficultés de les nommer lorsque les bases sont inconnues, 71 et 73. Leurs noms se terminent en *eux*, lorsqu'ils contiennent peu d'oxygène, 72. Ils se terminent en *ique*, lorsqu'ils sont plus chargés de ce principe, *ibid.*-Ils peuvent être regardés comme de véritables principes salifians, 163.-Leurs combinaisons avec les bases salifiables, 189. – Leur nombre s'est beaucoup accru depuis les nouvelles découvertes chimiques. 209. Chaque acide nouveau enrichit la Chimie de 24 ou de 48 sels, 183.

ACIDE acéteux, vulgairement appelé vinaigre, I. 159.-Son radical est composé d'une proportion encore indéterminée d'hydrogène et de carbone, 159 et 160. Il est le résultat de l'oxygénation du vin, *ibid.*-Il absorbe l'oxygène de l'air en se formant, *ibid.* – Tableau de ses combinaisons, 160.

—Acétique. Tableau de ses combinaisons, I. 298.-Appelé autrefois vinaigre radical. Dernier degre d'oxygénation, que puisse prendre le radical hydro carboneux.-Il n'est pas encore démontré qu'il soit plus oxygéné que l'acide acéteux; il pourroit en différer par la différence de proportion des principes du radical. Moyens de l'obtenir, 299.

—Animaux. On n'en connoît encore que six, I. 131,-Il paroît qu'ils se rapprochent beaucoup les uns des autres,

131 - Il entre ordinairement dans leur composition 4 bases acidifiables, 125.
ACIDE arsenique. Tableau de ses combinaisons, I. 269. - Enlève l'oxygène à l'acide nitrique, devient un véritable acide, soluble dans l'eau. - Se combine avec la potasse et avec un grand nombre de bases salifiables, 269, 270 et 271. Plusieurs moyens de l'obtenir, 269, 270.
—Benzoïque. Tableau de ses combinaisons, I. 302. - On l'obtient par sublimation et par la voie humide. - Procédé pour l'obtenir. - On le recueille sous forme concrète, 333.
—Bombique. Tableau de ses combinaisons, I. 314. Se tire de la chrysalide du ver à soie. Moyen de l'obtenir. Ses propriétés et ses affinités ne sont pas bien déterminées. - Son radical paroît être composé de carbone, d'hydrogène et peut-être de phosphore, 313.
—Boracique. Combinaison du radical boracique avec l'oxygène, I. 229. - Tableau de ses combinaisons, 264. - Se tire du borax. - Sel sédatif des anciens, 265. - Moyens de l'obtenir du borax, 266. Ses propriétés, ses affinités différentes selon qu'on opère par voie sèche ou par voie humide. - Son radical est inconnu. - Ce n'est que par analogie qu'on croit que l'oxygène fait partie de sa composition, 267.
—Camphorique. Tableau de ses combinaisons, I. 354. Moyens de l'obtenir. - Il est très-analogue à l'acide oxalique. - Il peut être regardé comme un mélange d'acide oxalique et d'acide malique, 305.
—Carbonique. Très-abondamment répandu dans la nature. - Tout formé dans les craies, les marbres, neutralisé par la chaux. Moyens de l'obtenir. - Il s'unit à l'eau à-peu-près à volume égal. - Le carbone est son radical. - On peut le former artificiellement en oxygénant le carbone, I. 251. - Sa formation dans la combustion des végétaux, 166. - Il emporte avec lui une portion de calorique qui le constitue dans l'état de gaz, *ibid.* Il est un des produits de la fermentation vineuse, 139. - On le convertit en un acide végétal en lui combinant de l'hydrogène, 160. - Sa décomposition seroit bien importante pour les arts. - On peut y parvenir par les affinités doubles, 252. - Tableau de ses combinaisons, 251.
—Citrique. Tableau de ses combinaisons, I. 284. - On le tire du jus de citron; on le trouve dans beaucoup

d'autres fruits.-Moyens de l'obtenir pur, 285.

ACIDE fluorique. Combinaison du radical fluorique avec l'oxygène, I. 229.-Tableau de ses conbinaisons, 261. Il est tout formé dans le spath fluor, spath phosphorique. Moyens de le dégager de ses bases. - Il est naturellement sous forme de gaz. - Dissout le verre. On pourroit tenter de le décomposer par les affinités doubles, 263.

—Formique. Tableau de ses combinaisons, I. 312.-Il a été connu dans le siècle dernier.-Espèce de fourmi dont on le tire. - Moyens de l'obtenir, 313.

—Gallique. Tableau de ses combinaisons, I. 306. - Se titre de la noix de galle.-Moyen de l'obtenir. - Ses propriétés acides sont peu marquées. Il se trouve dans beaucoup de végétaux.-Son radical est inconnu, 307.

—Lactique. Tableau de ses combinaisons, I. 308.- Se trouve dans le petit lait. Procédés pour l'obtenir. S'unit avec toutes les bases salifiables.- Il a beaucoup de rapport avec l'acide acéteux, 309.

—Lithique. Tableau de ses combinaisons, I. 318. - Moyens de l'obtenir. - Ses propriétés sont peu connues. Il pourroit bien être déjà combiné à une base et dans l'état de phosphate de chaux, 319.

ACIDE malique. Tableau de ses combinaisons, I. 280.-Se trouve tout formé dans le jus de pommes et d'autres fruits.-Moyen de l'obtenir. Il est mêlé avec l'acide citrique et tartareux dans beaucoup de fruits. Tient le milieu entre l'acide oxalique et l'acide acéteux. Son radical contient du carbonne et de l'hydrogène. On le forme artificiellement, 282, 283.

—Marin. Est naturellement dans l'état de gaz, au degré de pression de l'atmosphère, I. 94. Voy. *Acide Muriatique.*

—Marin oxygéné. S'obtient en distillant de l'acide marin sur des oxides métalliques, I. 257. Voy. *Acide Muriatique oxygéné.*

—Molibdique. Tableau de ses combinaisons.-Moyens de l'obtenir.-On le receuille sous forme pulvérulente de couleur blanche comme de la craie. - Il est toujours concret et peu soluble, I. 273.

—Muriatique. Combinaison du radical muriatique avec l'oxygène, I. 229.-Son nom dérivé de celui latin *muria*, 76.-Il est dans l'état de gaz au degré de pression et de température ordinaire, 74.-Se combine facilement avec l'eau, 76.-Il est très-

répandu,

répandu dans le règne minéral, uni à différentes bases. N'a été décomposé dans aucune expérience chimique. - Son radical est inconnu, 75 et 255. - Opinion sur sa nature, 255. Tient foiblement à ses bases. Moyen de l'en séparer. Appareils pour sa distillation, 246. On le surcharge d'oxygène, en le distillant sur des oxides métalliques, tels que le manganèse, 247. - Il est susceptible de différens genres d'oxygénation, 76. L'excès d'oxygène le rend moins miscible à l'eau, 77; plus volatil, *ibid.* Pourquoi on n'a pas donné à son nom la terminaison en *eux*, *ib.* Tableau de ses combinaisons, 253.

ACICE muriatique oxygéné. Il est plus volatil que l'acide muriatique ordinaire, I. 77. Il ne peut exister que sous forme gazeuse. - N'est absorbable par l'eau qu'en petite quantité. - Se combine avec un grand nombre de bases salifiables. - Les sels qu'il forme détonnent avec le carbone. Ces detonations sont dangereuses, par l'expansion du calorique, 257. - Il dissout les substances métalliques sans effervescence, 178. Il perd son excès d'oxygène dans la dissolution des métaux et devient acide muriatique ordinaire, 178. - Tableau de ses combinaisons, 254.

ACIDE nitreux. Raisons de lui conserver ce nom; celui d'*azotique* lui conviendroit mieux, I. 79. Se tire ordinairement du salpêtre, 70 et 233. - Moyens de l'obtenir, 234. - Il est le résultat de la combinaison de l'oxygène et de l'azote, 78 et 214. - C'est l'acide du nitre surchargé d'azote ou de gaz nitreux, 81. - Et par conséquent un véritable acide azoteux, 78. Il est le premier dans lequel l'existence de l'oxygène ait été bien démontrée, *ibid.* Les principes qui le constituent tiennent peu ensemble, *ib.* - Il est rouge et fumant, 81. Il laisse échapper son excès de gaz nitreux et une légère chaleur, *ib.* Il est formé par la réunion de trois parties d'oxygène et d'une d'azote, 80. - Tableau de ses combinaisons, 233.

— Nitrique. Le gaz azote est son radical, I, 56. — C'est l'acide nitreux surchargé d'oxygène, 81. - Il est composé de 4 parties d'oxygène et une d'azote, *ib.* - Il est blanc, sans couleur, plus fixe au feu que l'acide nitreux, *ib.* - Se tire ordinairement du salpêtre, 233. - Moyens de l'obtenir, 234 *et suiv.* - Retient une grande partie du calorique de

l'oxygène qui est entré dans sa composition, 110. Le calorique s'en dégage avec fracas lors de sa décomposition, 112. - Peut servir à oxygéner beaucoup de substances par la voie humide, 207. - Il est uni très-souvent à la chaux et à la magnésie, 233. - Moyens de l'obtenir pur, 236. - Il a une grande tendance à la combinaison et se décompose lui-même aisément, 237. - Tableau de ses combinaisons, 233.

ACIDE nitro-muriatique. Anciennement appelé *eau régale*. - C'est un acide à deux bases, I. 259, 260. - Il a des propriétés particulières qui dépendent de l'action combinée de ses deux bases acidifiables, 124 et 259. Les métaux s'oxident dans cet acide avant de s'y dissoudre. - Gaz qui se dégagent pendant la dissolution, 259. - Tableau de ses combinaisons, 259.

—Oxalique. Tableau de ses combinaisons, I. 292. Il se retire du suc de l'oseille ; il se trouve dans cette plante uni à la potasse, et dans l'état d'un sel neutre avec excès d'acide. - Moyen de le dégager de sa base - Il cristallise lorsqu'il est pur. Uni à sa base peut entrer tout entier dans un grand nombre de combinaisons ; il en résulte des sels à deux bases, 293, 294.

ACIDE phosphoreux. Combinaison du phosphore avec l'exygène par une combustion lente, I. 248. - Se convertit en acide phosphorique par une longue exposition à l'air, 249. - Tableau de ses combinaisons, 246.

—Phosphorique. Produit par la combustion du phosphore dans le gaz oxygène, I. 59. Il est naturellement dans l'état concret après la combustion, 61, 104 et 248. Moyen de l'obtenir pur, 248. - Quantité d'oxygène qu'absorbe le phosphore dans sa conversion en acide, *ibid.* - Ne peut pas être regardé comme un acide animal, parce qu'il appartient aux trois regnes, 131. Tableau de ses combinaisons, 246.

—Prussique. Tableau de ses combinaisons., I. 320. - Uni au fer il le colore en bleu. Son radical est inconnu. C'est un acide à base double ou triple, dont l'azote est un des principes constituans, 320. 321, 322; et II. 93. - Il ne jouit même que d'une partie des propriétés acides. I. 321, 322.

—Pyro-ligneux. Tableau de ses combinaisons, I. 286. - Se retire du bois. - Moyens de l'obtenir pur. - Son radical est formé d'hydrogène et de carbone. - Il est le même de quelque

nature de bois qu'on le tire, 287.
ACIDE pyro-muqueux. Tableau de ses combinaisons, I. 290. On le retire de tous les corps sucrés par la distillation à feu nud.-Accidens à éviter.-Procédé pour le concentrer.-On le convertit en acide malique et en acide oxalique en l'oxygénant, 291.
—Pyro-tartareux. On le retire du tartre par distillation à feu nud. - Moyens pour l'obtenir. - Il se dégage pendant la distillation une grande quantité d'acide carbonique. - Explosion dans la rectification, I. 289. - Tableau de ses combinaisons, 288.
—Saccho-lactique. Tableau de ses combinaisons, I. 310. Extrait du sucre de petit-lait. - Son action sur les métaux peu connue. - Les sels qui résultent de sa combinaison avec les bases salifiables sont peu solubles, 311.
—Sébacique. Tableau de ses combinaisons, I. 316. - C'est la graisse animale oxygénée. Moyen de l'obtenir, 317.
—Succinique. Tableau de ses combinaisons, I. 300. On le retire du succin. - Moyens de l'obtenir. - Il n'a pas dans un degré très-éminent les qualités acides, 301.
—Sulfureux. Premier degré d'oxygénation du soufre, I. 71 et 244. - Les métaux lorsqu'ils sont oxidés sont dissolubles dans cet acide, 244, 245. - On l'obtient par différens procédés, 244. - Il est dans l'état de gaz à la pression ordinaire de l'atmosphère. - Il se condense par le froid, 244. - Tableau de ses combinaisons, 243.
ACIDE sulfurique. Il est formé par la combinaison du soufre et de l'oxygène, I. 66, 72 et 240. Proportion d'oxygène qui entre dans sa combinaison, 241, 242. - Il est incombustible, 66. - Son poids est égal à celui du soufre qu'on a brûlé pour le former, et de l'oxygène qu'il a absorbé pendant la combustion, *ib.* Difficulté de le condenser, *ibid.* - Il se combine avec l'eau en toutes proportions. 67. - On le trouve tout formé dans les argiles, les gypses. - Moyens de le ramener à l'état de soufre par voie de décomposition et d'affinité, 221. - Décompose le nitre, 78. - Les métaux le décomposent et le réduisent à l'état d'acide sulfureux, 242. - Tableau de ses combinaisons avec les bases salifiables, 238 et 239.
—Tartareux. Tableau de ses combinaisons. - Moyens de l'obtenir pur. Son radical est en excès. - C'est par cette raison qu'on a donné à son nom la terminaison en *eux*. Sa base est le radical carbone-hydreux. - L'azote entre

dans sa composition. – En l'oxygénant on le change en acide malique, oxalique et acéteux, I. 278, 279 et 280. On observe deux degrés de saturation dans ses combinaisons avec les alkalis. Le premier degré avec excès d'acide; *tartrite acidule de potasse*. Le second degré, sel parfaitement neutre, *tartrite de potasse*, 279, 280.

ACIDE tungstique. Tableau de ses combinaisons. Se retire de la mine de tungstène, dans laquelle il est déjà sous forme d'acide. Moyens de l'obtenir. Ses affinités avec les acides métalliques ne sont pas déterminées, I. 275, 276. — Végétaux. -On en connoit 13 jusqu'à présent, 129. Leur composition est connue, mais la proportion des principes qui les constituent ne l'est pas encore, 127 et 161. Ils ont tous pour base l'hydrogène, le carbone et quelquefois le phosphore, 124, 197, 198. – Ils ne diffèrent entr'eux que par la proportion d'hydrogène et de carbone, et par leur degré d'oxygénation, 126. Quoique composés d'hydrogène et de carbone, ne contiennent cependant ni eau, ni acide carbonique; mais les principes propres à les former, 130. Peuvent se convertir les uns dans les autres, en changeant la proportion de leurs principes constituans, 210.

AFFINITÉS. Les données manquent encore pour entreprendre un traité complet sur cet objet, *Disc. prélim.* xiij et xiv. – Il s'en exerce de doubles et triples dans la décomposition des végétaux, I. 135. Elles sont très-compliquées dans la putréfaction, 153.

AGENS chimiques. Ce que c'est, II. 100.

AIR atmosphérique composé de deux fluides élastiques, l'un respirable et l'autre qui ne l'est pas, I. 39 et 54. Observations sur les expériences analytiques, relatives à l'air atmosphérique, 48 *et suiv.* Sa décomposition par le mercure, 34 *et suiv.* N'est plus respirable après la calcination du mercure, 37. – Est décomposé par le fer, 40. Diminue d'une quantité en poids égale à l'augmentation que le fer acquiert dans sa calcination, 47. - Est décomposé par le gaz nitreux, 80. - Par la combustion du soufre, 66. Voyez *Atmosphère*. — Fixe. Premier nom de l'acide carbonique, I. 68. Voy. *acide carbonique*. — Vital. Voy. *gaz oxygène*.

ALKALI de la soude se retire de la lixiviation des cendres des plantes qui croissent au bord de la mer, principalement du kali, I. 169. On ne

connoît pas ses principes constituans, 170. On ne sait pas si cette substance est toute formée dans les végétaux antérieurement à la combustion, *ibid.* Elle est presque toujours saturée d'acide carbonique, 169.– Ses cristaux s'effleurissent à l'air et y perdent leur eau de cristallisation, *ibid.*

ALKALI fixe, ou potasse. C'est un résultat de la combustion des végétaux I. 166. Moyens de l'obtenir, 167. – On ne connoît pas ses principes constituans, 170. L'analogie pourroit porter à croire que l'azote est un des principes constituans des alkalis en général, *ibid.* Se volatilise très-promptement au feu alimenté par le gaz oxygène, II. 234.

ALKOOL. Raisons qui ont fait adopter ce nom générique pour toutes les liqueurs spiritueuses. I. 140. Il est composé de carbone et d'hydrogène, 150. – L'hydrogène et le carbonne ne sont pas dans l'état d'huile dans cette combinaison, *ibid.* – Se décompose en passant à travers un tube de verre rougi au feu, *ibid.* Appareil pour sa combustion, II. 179.

ALLIAGES. Combinaison des métaux les uns avec les autres, I. 116. Celui des métaux qui prédomine donne le nom à l'alliage. Les alliages ont leur degré de saturation très-marqué, 230.

ALUMINE. C'est principalement dans les argiles qu'on la rencontre. I. 173. La composition de cette terre est absolument inconnue, 172. Elle a moins de tendance à la combinaison que les autres terres, 173. Est parfaitement fusible au feu alimenté par le gaz oxygène, II. 233 Son état après la combustion, *ibid.*

AMALGAMME. Combinaison du mercure avec les autres métaux, I. 117.

AMIDON. Oxide végétal à deux bases, I. 125.

AMMONIAQUE. Résultat de la combinaison de l'azote et de l'hydrogène, I. 79 et 155. Sur 1000 parties elle est composée de 87 d'azote et de 193, d'hydrogène, 171. Moyens de l'amener à un grand degré de pureté, *ib.* Lorsqu'elle est très-pure, elle ne peut exister que sous forme gazeuse, *ibid.* Dans l'état aériforme elle porte le nom de gaz ammoniac, 172. Dans cet état l'eau en absorbe une grande quantité, 171.

APPAREILS chimiques. Raisons qui ont déterminé à en placer la description à la fin de l'ouvrage, II. 2. — Pneumato-chimiques à l'eau et au mercure. Leur description, II. 20 *et suiv.*

ARGENT se volatilise lentement au feu alimenté par

le gaz oxygène, II. 234.
ARSENIC est susceptible de s'oxygéner. Dans cet état il a la propriété de s'unir aux bases salifiables, I. 269 *et suiv.*
ATMOSPHÈRE terrestre. Sa constitution, I. 17, 28 *et suiv.* Son analyse, 33. Composée de tous les fluides susceptibles d'exister dans un état de vapeurs et d'élasticité constante au degré habituel de chaleur et depression que nous éprouvons, 31. Sa pression est un obstacle à la vaporisation, 29. - Quelles sont ses parties constituantes, 51. Sa limite, 29. Voy. *Air atmosphérique*, *Gaz oxygène*, *Gaz azote*.
ATTRACTION tend à réunir les molécules des corps, tandis que le calorique tend à les écarter, I. 3.
AURORES boréales. Conjectures sur les causes qui les produisent, I. 32.
AZOTE. C'est la partie non respirable de l'air, I. 79. C'est un des principes le plus abondamment répandu dans la nature, 213. - Avec le calorique il forme le gaz azote qui demeure toujours dans l'état de gaz à la pression de l'atmosphère, 213. Combiné avec l'oxygène, il forme les acides nitreux et nitrique, 79, 214 et 235. Se trouve dans les substances végétales et animales, 135 et 198. Sur-tout dans les matières animales dont il forme un des principes, 213. Combiné avec l'hydrogène, il forme l'ammoniaque, 79. 214. Dans la décomposition des végétaux et des matières animales, il s'unit à l'hydrogène pour former l'ammoniaque, 136, 155. C'est un des principes constituans de l'acide prussique, 215. Ses combinaisons avec les substances simples sont peu connues. Elles portent le nom d'azotures, 214.

B

BALANCES. Instrumens dont l'objet est de déterminer le poids absolu des corps. Combien il en faut dans un laboratoire. De leur perfection. Des précautions pour les conserver, II. 11 *et suiv.* — Hydrostatique. Moyen de s'en servire. - Ses usages, II. 14, 15.
BAROMÈTRE. Corrections barométriques du volume des gaz, relativement à la différence de pression de l'atmosphère, II. 49 *et suiv.* Modèle de calcul pour ces corrections, 58 *et suiv.*
BASES salifiables. Il en existe 24; savoir, 3 alkalis, 4 terres, et 17 substances métalliques, I. 182.
BARYTE. La composition de cette terre est encore inconnue, I, 172. Il est probable que c'est un oxide métalli-

que, 174. Mais qui n'est pas réductible par les moyens que nous employons, *ibid.* Elle est peu abondante ; on ne la trouve que dans le règne minéral, 173. - Effet que produit sur elle le feu le plus violent, alimenté par le gaz oxygène.

BORAX. Sel concret avec excès de base qui est la soude. Son origine est inconnue. Sa purification est encore un mystère, I. 265, 266.

BOUGIE. Sa combustion, I. 112.

C

CALCUL de la vessie fournit l'acide lithique, I. 319.

CALORIMÈTRE. Sa description, II, 65 *et suiv.* Principes de sa construction, *ibid.* Manière de s'en servir, 74 *et suiv.*

CALORIQUE. Cause de la chaleur, I. 5. Peut être considéré d'une manière abstraite, 6. Comment il agit sur les corps, 6, 7. Paroît être le plus élastique de la nature, 24. Tous les corps y sont plongés, et il remplit les intervalles que laissent entr'elles leurs molécules. - Il se fixe quelquefois de manière à constituer leurs parties solides. - C'est de son accumulation que dépend l'état aériforme, 200. - Il fait tout l'office de dissolvant dans toute espèce de gaz, 17. On appelle du nom générique de gaz toute substance portée à l'état aériforme par une addition suffisante de calorique, 200. Le soufre et le charbon en brûlant lui enlèvent l'oxygène, 66. - Il en est de même du gaz hydrogène, 95. - Moyen de mesurer la quantité qui s'en dégage des corps pendant leur combustion, 12, 103 *et suiv.* - Appareil imaginé pour remplir cet objet, I. 65. Plan d'expériences pour déterminer la quantité que la plupart des corps en contiennent, I. 115. - Son dégagement dans la combustion du fer, 41. - Dans la combinaison des métaux avec la base du gaz oxygène, 82. - Dans la combustion du charbon, 66 et 108. Dans la combustion du phosphore, 107. - Dans la combustion de la cire, 113. Dans la combustion de l'huile d'olives, *ibid.* - Dans la combustion du gaz hydrogène, 109. - Il reste uni à l'oxygène dans la formation de l'acide nitrique, 110. Il entre dans la composition des nitrates et des muriates, en quantité presqu'égale à celle qui est nécessaire pour constituer le gaz oxygène, 207. - Il se dégage avec une telle abondance dans la combinaison de l'oxygène avec les corps combustibles, que rien ne peut résister à son expansion, 207. - Il

décompose les substances végétales et animales, 132.

CALORIQUE combiné. Tient aux corps par l'attraction et constitue une partie de leur substance I. 21.

— *Libre.* C'est celui qui n'est engagé dans aucune combinaison, I. 21.

— Spécifique des corps. C'est le rapport des quantités de calorique nécessaires pour élever d'un même nombre de degrés, la température de plusieurs corps égaux en poids, I. 21.

CAMPHRE. Espèce d'huile concrète qu'on retire par sublimation d'un laurier du Japon, I. 305.

CAPSULES de porcelaine, servent de support aux substances dans la fusion par le gaz oxygène, II. 233.

CARBONE ou charbon pur. Substance simple combustible, I. 67 et 227. Manière d'opérer sa combustion, 67. Décompose le gaz oxygène à une certaine température, 67, 133, 227 et 228; appareil pour sa combustion, II. 161 *et suiv.* Quantité de calorique qui se dégage dans cette opération, I. 67, 108. – Enlève sa base au calorique, 67 Décompose l'eau à une chaleur rouge et enlève l'oxygène à l'hydrogène, 91, 218. – Il s'en dissout une portion dans le gaz hydrogène, 92 et 113. Il est contenu dans le fer et dans l'acier, 48. – Il existe dans les végétaux antérieurement à la combustion, et forme avec le phosphore, l'hydrogène et l'azote, des radicaux composés, 227. Moyens d'obtenir celui qui est contenu dans les matières végétales et animales, 227 et 228. Ses combinaisons avec les substances simples, 224. Il a très-peu d'affinité avec le calorique, 133. Il forme une des parties constituantes des huiles, 119. Et en général de tous les acides végétaux, 124. Il tient très-peu aux huiles volatiles animales, 136. – Il fait partie du radical des gommes, du sucre, et de l'amidon, 125. – Il est combiné dans ces substances avec l'hydrogène, de manière à ne former qu'une seule base portée à l'état d'oxide par une portion d'oxygène. 126. Quantité qu'en contient le sucre, 142.

CARBURES, nom donné aux combinaisons du carbone avec les métaux, I. 118.

CENDRES. Elles forment ordinairement la vingtième portion du poids d'un végétal brûlé, I. 166. – Il paroît qu'elles existent dans les végétaux avant leur incinération. C'est la terre qui forme la partie osseuse ou la carcasse des végétaux, 168.

CHALEUR dilate les corps, I. 1.

Ses causes. – Nécessaire à l'oxygénation. – Différente pour l'oxygénation des différens corps, 203 *et suiv.* Ce qu'on entend par cette expression, 133. Voy. *Calorique.*

CHALEUR sensible. N'est que l'effet produit sur nos organes par le dégagement du calorique des corps environnans, I. 22.

CHARBON de bois. L'on croit qu'il contient du phosphore, I. 225. Sert de support aux substances simples fondues au feu alimenté par le gaz oxygène, II. 232.

CHAUX. C'est de toutes les bases salifiables la plus abondamment répandue dans la nature, I. 172. Sa composition est absolument inconnue, *ibid.* – Elle est presque toujours saturée d'acide carbonique, et forme alors la craie, les spaths calcaires et une partie des marbres, *ibid.* Les anciens ont appelé de ce nom générique, toutes les substances longtems exposées au feu sans se fondre, 83. – Effet que produit sur elle le feu le plus violent alimenté par le gaz oxygène, II. 233.

CHRYSOLYTE. Se fond presque sur-le-champ au feu alimenté par le gaz oxygène, II. 235.

Cire. Quantité de calorique qui se dégage pendant sa combustion, I. 113.

CLARIFICATION. Moyen pour mettre une liqueur en état d'être filtrée, II. 95.

CLOCHES. Manière de les graduer, II. 40, 41.

COMBUSTION du fer, I. 41 *et suiv.* – du phosphore, 57 *et suiv.* – Du soufre. – Du charbon, 67 *et suiv.* – Du gaz hydrogène, 79 *et suiv.* Voyez *ces mots.* – Théorie de la combustion des végétaux, 165. – La plus grande portion du végétal est réduite en eau et en acide carbonique, 166. Opérations relatives à la combustion, II. 156 *et suiv* Conditions nécessaires pour l'opérer, 158 *et suiv.*

CREUSETS, instrumens propres à la fusion, II. 13.

CRISTAL de roche. Effet que produit sur lui le feu le plus violent alimenté par le gaz oxygène, II. 233

CRISTALLISATION. Opération par laquelle les parties intégrantes d'un corps qui étoient séparées par un fluide, sont réunies par la force d'attraction, II. 115. Calorique qui se dégage pendant cette opération, *ibid.* Vaisseaux dans lesquels on l'opère, 119 et 120.

D

DÉCANTATION. Peut suppléer à la filtration, II. 97. Elle est preferable dans les opérations qui exigent une

précision rigoureuse, 98.
DÉTONATION. Explication de ses phénomènes, II. 204 *et suiv.* - Ils sont produits par le passage brusque et instantané d'une substance concrète à l'état aériforme, 203. - Expériences sur celle du salpêtre, 207 *et suiv.*
DIAMANT, se brûle à la manière des corps combustibles, et s'évapore au feu alimenté par le gaz oxygène, II. 235.
DISSOLUTIONS métalliques. Appareils pour les opérer, II. 138 *et suiv.*
DISTILLATION composée. Elle opère une véritable décomposition. C'est une des opérations des plus compliquées de la chimie. - Appareils pour cet objet. II. 127 *et suiv.* — Simple. N'est autre chose qu'une évaporation en vaisseaux clos. Appareils distillatoires, 121 *et suiv.*

E

EAU. Ses différens états selon la quantité de calorique qui lui est combinée, I. 4 et 54. Se transforme en un fluide élastique à un degré de chaleur supérieure à celui de l'ébullition, 15. - Se dissout dans les gaz, 50. - Ragardée par les anciens comme un élément ou substance simple, 87. - Preuves qu'elle est composée, 100. - D'un radical qui lui est propre et d'oxygène, 94. - Son passage à travers un tube de verre incandescent, 89. Appareil pour sa décomposition, II. 143 *et suiv.* - Sa décomposition par le carbone, I. 87 et 90 - Sa décomposition par le fer; il n'y a pas de dégagement d'acide carbonique, 87, 92 et 98. - Oxide de fer qui en résulte, 93. Phénomènes de la fermentation spiritueuse et de la putréfaction dus à la décomposition de l'eau, 101. - Cette décomposition s'opère continuellement dans la nature, 100. - Les principes qui la constituent séparés l'un de l'autre ne peuvent exister que sous forme de gaz, *ibid.* - Sa récomposition, 95 *et suiv.* II. 184 *et suiv.* - 85 parties en poids d'oxygène et 15 en poids d'hydrogène, composent 100 parties d'eau, I. 100. Se combine avec le gaz acide carbonique, 67. - Se combine en toutes proportions avec l'acide sulfurique, *ibid.* - Avec l'acide muriatique très-facilement, 75. - N'est pas toute formée dans le sucre, 150.
EAU régale. Nom ancien donné à un acide composé qui dissout l'or, I. 124. Voy. *Acide nitro-muriatique.*
EBULITION, n'est autre chose que la vaporisation d'un fluide ou sa combinaison

avec le calorique, I. 12.
EFFERVESCENCE, est produite par le passage rapide d'un corps solide ou liquide à l'état gazeux, I. 177.
ELASTICITÉ. Comment on doit la concevoir, I. 25 *et s.*
EMERAUDE, fond sur-le-champ en un verre opaque au feu alimenté par le gaz oxygène, II. 235.
ETHER, seroit habituellement dans l'état aériforme sans la pression de l'atmosphère, I. 9. Se vaporise à 33 degrés, 13 *et suiv.* Appareil pour sa combustion, II. 181 *et suiv.*
EVAPORATION. Opération pour séparer deux substances qui ont un degré de volatilité différent, II. 109 *et suiv.* Action du calorique dans cette opération, 111.

F

FER. Il décompose l'air atmosphérique, I. 41. Il augmente de poids dans la calcination d'une quantité égale à celle que l'air a perdue, 47. Appareil pour son oxydation, II. 197. Sa combustion dans le gaz oxygène, I. 41. Il decompose l'eau et s'oxide à un degré de chaleur rouge, 92, 93 et 218. Il est moins attirable à l'aimant après qu'il a décomposé l'eau; c'est de l'oxide noir de fer, 42 et 93. Ce métal contient de la matière charbonneuse, 48.
FERMENTATION acéteuse. C'est l'acidification du vin à l'air libre par l'absorption de l'oxygène, I. 159. —Putride, s'opère en raison d'affinités très-compliquées, I. 153. Appareil relatif à cette opération, II. 139 *et suiv.* L'hydrogène se dégage sous la forme de gaz pendant la décomposition des substances animales, I. 154. Il se forme des combinaisons binaires, 153. —Vineuse. Moyens de l'exciter, I. 139. Moyen d'analyse des substances susceptibles de fermenter, 151. Description des appareils relatifs à cette opération, II. 139 *et suiv.* Ses résultats et ses effets, 150 *et suiv.* Détail de ce qui se passe dans la décomposition du sucre, 149.
FILTRATION. C'est un tamisage qui ne laisse passer que les parties liquides, II. 91.
FILTRES. De leur choix et des moyens de s'en servir, II. 90 *et suiv.*
FLUIDES élastiques. Sont une modification des corps, I. 11. Il s'absorbe du calorique dans leur formation, *ibid.* S'obtiennent à un degré de chaleur déterminé, 12. — Leurs noms génériques et particuliers, 54.
FOURMIS. Espèce qui fournit l'acide formique, I. 313.

FOURNEAUX. De leur construction, II. 215 *et suiv.* – Des fourneaux de fusion, 221 *et suiv.* Leur objet, *ib.* Principes de leur construction, 225 *et suiv.* - Moyen de faire passer à travers un courant de gaz oxygène, 235 *et suiv.*

– *de* Coupelle. Sa description, II. 228 *et suiv.* Son objet, 223. – Sa construction est vicieuse, 229. — Moyens qu'a employés M. Sage pour y suppléer, 229 et 230.

FUSION. C'est une véritable solution par le feu, II. 212. Description de l'appareil pour l'opérer à l'aide du gaz oxygène, 230 *et suiv.*

G

GAZ. Explication de ce mot, I. 17. - C'est le nom générique par lequel on désigne une substance quelconque, assez impregnée de calorique pour passer de l'état liquide à l'état aériforme, 53, 54 et 200. Ils dissolvent l'eau, 50. Manière d'en mesurer le poids et le volume, II. 38 *et suiv.*, 62 *et suiv.* Moyens de les séparer les uns des autres, 43 *et suiv.* De la correction à faire à leur volume, relativement à la pression de l'athmosphère, 48 *et suiv.* Et aux degrés du thermomètre, 56.

— Aqueux. Eau combinée avec le calorique, I. 54.

GAZ acide carbonique, formé par la combustion du charbon dans le gaz oxygène, I. 67. - Est susceptible d'être absorbé par l'eau, *ib.* Ne se condense pas au degré de pression de l'atmosphère, *ib.* De tous les gaz c'est celui qui dissout le plus d'eau, 50. S'unit à toutes les bases susceptibles de former des sels neutres, 67. - Provenant de la décomposition de l'eau par le charbon, 91.

—Acide muriatique. Moyens de le dégager, I. 74.

—Azote. Fait partie de l'air atmosphérique, I. 39 et 203. Plusieurs manières de l'obtenir, 214, 215. Sa pesanteur, 55. - Ses propriétés chimiques ne sont pas encore bien connues, *ib.* - Il prive de la vie les animaux qui le respirent, 56. – L'azote entre dans la composition de l'acide nitrique, *ib.* Dans celle de l'ammoniaque, *ibid.*

—Hépatique. C'est le gaz hydrogène sulfuré, I. 118.

— Hydrogène est formé par l'union du calorique et de l'hydrogène, I. 94 et 217. C'est le radical constitutif de l'eau, 94. – On l'obtient en présentant à l'eau un corps pour lequel l'oxygène ait plus d'affinité ; l'hydrogène s'unit au calorique pour le former, 217. — Se dégage dans la décomposition de l'eau par le fer, 93. Et dans

celle de l'eau par le charbon, 91. Moyens de l'obtenir pur, 98. – Sa pesanteur, 95. – Ne peut se condenser au degré de pression de l'atmosphère, 99. Enlève l'oxygène au calorique et décompose l'air dans la combustion, 95. Sa combustion avec le gaz oxygène s'opère instantanément et avec explosion. – Précautions qu'exige cette expérience, 95. – Appareil pour sa combustion en grand, II. 184 *et suiv.* – Quantité de calorique qui se dégage pendant sa combustion, I. 109. Dans la combustion des végétaux il s'allume par le contact de l'air et produit la flamme, 166. – Il n'est pas absorbable par l'eau, 95. Il se combine avec tous les corps combustibles, 156. Il dissout le carbone, 118; le phosphore, *ibid*; le soufre, *ib.*; les métaux, *ibid.* – Dénomination qu'il prend alors, *ibid.* On en obtient d'autant moins qu'on a pris plus de précautions pour écarter l'eau dans les expériences sur les métaux, 122.

GAZ hydrogène carboné. Résultat de la combinaison du gaz hydrogène avec le carbone, I. 156.

– Hydrogène phosphoré. Résultat de la combinaison de gaz hydrogène avec le phosphore, I. 156 et 225. S'enflamme spontanément lorsqu'il a le contact de l'air, 119. Il a l'odeur du poisson pourri, *ibid.* – Et il s'exhale vraisemblablement de la chair des poissons en putréfaction, *ibid.*

GAZ hydrogène sulfuré. Résultat de la combinaison du gaz hydrogène avec le soufre, I. 156. C'est à son émanation que les déjections animales doivent leur odeur infecte, 119.

— Inflammable. Voyez *gaz hydrogène.*

— Nitro-muriatique. Se dégage pendant la dissolution de l'or dans l'acide nitro-muriatique. N'a pas encore été décrit. – Son odeur est désagréable. – Il est funeste aux animaux qui le respirent. – L'eau en absorbe une grande quantité, I. 259.

— Nitreux. Premier degré de combinaison de l'azote avec l'oxygène, I. 80. – C'est une espèce d'oxide d'azote, 81. Proportions d'azote et d'oxygène qui le constituent, 80. Surchargé d'oxygène, compose un acide très-puissant, l'acide nitrique, *ibid.* – Enlève l'oxygène à l'air de l'atmosphère, *ibid.* – Sert d'eudiomètre pour connoître la quantité d'oxygène contenue dans l'air atmosphérique, *ibid.* – Il est immiscible à l'eau, *ibid.*

— Oxygène. Combinaison de l'oxygène avec le calorique, I. 55. – Moyen de s'assurer

s'il ne contient point d'acide carbonique, 98. Le calorique et la lumière qui se dégagent dans la combustion sont-ils fournis par le corps qui brûle, ou par le gaz oxygène qui se fixe dans les opérations? 219. Est décomposé par le charbon, 67. Par le phosphore, 58 *et suiv.* Perd son calorique dans cette combinaison, 60. Sa décomposition par les métaux, 82. Par le fer, 41. Par le soufre, 66. Entre dans la décomposition de l'air atmosphérique, 55. Retiré de l'oxide de mercure, II. 201. Retiré de l'oxide de manganèse ou de nitrate de potasse, 202. Change de nature par la détonation avec le charbon, et le convertit en acide carbonique, 203. Moyen de s'en servir pour augmenter l'intensité du feu, 230. Son emploi dans les fusions, *ib.*

GAZOMETRE. Instrument propre à mesurer le volume des substances aériformes, II. 20. - Sa description, 24 *et suiv.* - Sa graduation, 36 *et suiv.* - Expériences qui ont donné l'idée de sa construction, 231. On peut avec cet instrument donner un grand degré de vîtesse au gaz oxygène, *ibid.*; et l'employer à augmenter l'action du feu, *ibid. et suiv.*

GAZOMÉTRIE. C'est l'art de mesurer le poids et le volume des substances aériformes, I. 20.

GOMMES. Oxides végétaux à deux bases, 125. Réunies sous le nom générique de muqueux, *ibid.*

GRAISSE animale. Formée par la partie musculaire de cadavres enterrés à une certaine profondeur et privés du contact de l'air, I. 157. Le suif fournit l'acide sébacique, 317.

GRENAT. Fond presque sur-le-champ au feu alimenté par le gaz oxygène, II. 235.

H

HUILES. Elles sont composées de carbone et d'hydrogène, I. 119. Ce sont de véritables radicaux carbone - hydreux, 198. Proportion des principes qui les constituent, 120. — Sont-elles base ou radical des acides végétaux et animaux? Raisons qui font pencher pour la négative, 211. - Appareil pour leur combustion, II. 171 *et suiv.* Se convertissent en brûlant en acide carbonique et en eau, I. 129.

— d'Olives. Quantité de calorique qui s'en dégage, I. 113.

— Fixes. Contiennent un excès de carbone, I. 119. Elles le perdent à un degré de chaleur supérieur à l'eau bouillante, *ibid.*

HUILES volatiles. Elles sont formées par une juste proportion d'hydrogène et de carbone, I. 119. - A un degré supérieur à l'eau bouillante, elles se combinent au calorique pour former un gaz; c'est dans cet état qu'elles passent dans la distillation, 120.

—Volatiles animales. Le carbone y tient si peu qu'il s'en sépare par leur simple exposition à l'air libre, I. 136 et 137. Il se sépare encore plus promptement quand on les expose dans le gaz oxygène, et l'huile devient noire; en même tems il se forme de l'eau, 137. Elles redeviennent blanches par la rectification et le charbon s'en sépare, 136. - Elles se décomposent et se convertissent entièrement en charbon et en eau par des rectifications répétées, 136 et 137.

HYACINTHE. Perd sa couleur au feu alimenté par le gaz oxygène, II. 234 et 235.

HYDROGENE. Est un des principes de l'eau, I. 217. Son existence et ses propriétés ne sont connues que depuis peu de tems. C'est un des principes les plus répandus dans la nature. Il joue le principal role dans le règne animal et végétal, *ibid.* Son affinité avec le calorique est telle qu'il est toujours dans l'état de gaz. Il est impossible de l'obtenir seul sous forme concrète, 217 *et suiv.* - On l'obtient dans l'état de gaz en décomposant l'eau par le fer et par le carbone, 218. - Sa combinaison avec le phosphore, 225. - Avec l'oxygène, 217. - Est-il susceptible de se combiner avec les corps simples dans l'état concret? 121. - Ce ne peut être qu'en très-petite quantité, *ibid.* - Il est un des principes constitutifs des huiles, et du radical de tous les acides végétaux et animaux, 119. De l'amidon, des gommes, du sucre, 125. - Quantité qu'en contient le sucre, 142. - Quelques chimistes ont supposé que c'étoit le phlogistique de Stahl. - Ils ne le prouvent point. - Ils n'expliquent pas les phénomènes de la calcination et de la combustion, 219.

I

INSTRUMENS propres à déterminer le poids absolu et la pesanteur spécifique des corps, II. 3 *et suiv.* Description de la machine qui sert à les comparer. Elle se nomme balance. L'action se nomme pesée. Variation de l'unité d'un pays à l'autre. - De la nécessité de n'employer que des poids dont on connoît les rapports entre eux, 3 *et suiv.*

L

LAMPE d'émailleur. Sert d'intermédiaire, dans la fusion par le gaz oxygène, pour les substances composées qui ont de l'affinité avec le charbon, II. 232.

LAVAGE. Moyen de diviser les corps en poudres de grosseurs uniformes, II. 98.

LIXIVIATION. Opération dont l'objet est de séparer les substances solubles dans l'eau, de celles qui ne le sont pas, II. 106 *et suiv.*

LIMES. Servent à diviser les matières soit malléables, soit fibreuses, II. 86.

LIMPHE. Oxide animal, I. 130.

LUMIÈRE. Qualités qui lui sont communes avec le calorique, I. 6. – Nécessaire aux animaux comme aux végétaux. – Il n'existe d'êtres organisés que dans les lieux exposés à la lumière, 202. Son dégagement dans la combustion du fer, 41. Sa manière d'agir sur les corps est inconnue. – Elle contribue avec le calorique à constituer l'oxygène dans l'état de gaz. Se combine avec quelques parties des plantes; c'est à cette combinaison qu'est due la couleur verte des feuilles, 201.

LUTS, (préparation des) II. 146 Résineux. – Gras. – De chaux et de blanc d'œufs, 147, 148 *et suiv.* Leur emploi, 153 *et suiv.* Moyens d'y suppléer, 155. Pour enduire les cornues, 210.

M

MAGNÉSIE. La composition de cette terre est absolument inconnue, I. 172. On la trouve dans l'eau de la mer, 173. Et dans un grand nombre d'eaux minérales, *ibid.* Effet que produit sur elle le feu le plus violent, alimenté par le gaz oxygène, II. 233.

MATIÈRES fécales sont composées de carbone et d'hydrogène, I. 157. Produisent de l'huile par la distillation, *ibid.*

MERCURE. Appareil pour son oxidation, I. 35, II. 185 *et suiv.* Absorbe dans cette opération la partie respirable de l'air, I. 38. Ne l'absorbe pas en entier, 40.

MÉTAUX. Sont susceptibles de se combiner les uns avec les autres, I. 116. – Ne sont pas dissolubles dans les acides, il faut qu'ils aient été portés auparavant à l'état d'oxides, 176.

MIROIRS concaves. Ont un plus grand degré d'intensité que les verres ardens. – La difficulté de s'en servir rend impossible un grand nombre des expériences chimiques, II. 231.

MOPHÈTE. Voyez *Azote* et *Gaz Azote.*

MOLÉCULES élémentaires des corps

corps ne se touchent point, I. 3.

MOLYBDÈNE, Substance métallique qui a la propriété de s'oxygéner et de former un véritable acide. - La nature nous le présente dans l'état de sulfure de molybdène, I. 273.

MORTIERS. Leur description. Leur usage, II. 82 et 83.

MURIATES oxygénés. Le calorique entre dans leur composition en quantité presqu'égale à celle qui est nécessaire pour constituer le gaz oxygène, I. 207.

N

NITRATES. Sels résultans de l'union de l'acide nitrique avec différentes bases, I. 237. - Appareil pour en retirer l'acide, 78. - Dégagement de gaz oxygène qui l'accompagne, *ibid.*

NITRITES. Sels résultans de l'union de l'acide nitreux avec différentes bases, I. 237.

NOIX de galle. Elles fournissent le principe astringent ou acide gallique par une simple infusion dans l'eau, I. 307.

NOMENCLATURE. Système général d'après lequel elle est nommée, *Discours préliminaire.* Ses difficultés, I. 128. Le point où en est la science oblige de conserver au moins pour un tems les noms anciens pour les acides et oxides animaux et végétaux, 129.

O

ODEUR fétide. Elle est produite par la dissolution des corps combustibles dans le gaz hydrogène, I. 156.

OPÉRATIONS manuelles de la Chimie. - Se divisent en plusieurs classes, II. 3. Les unes ne sont que mécaniques; elles ne font que diviser les corps. - Les autres sont véritablement chimiques, *ibid. et suiv.*

OR, se dissout dans l'acide nitro-muriatique. - S'oxide avant sa dissolution, I. 259. - se volatilise lentement au feu alimenté par le gaz oxygène, II. 234.

OS des animaux. Ce sont de véritables phosphates de chaux, I. 224.

OXIDES. Nom générique pour exprimer le premier degré d'oxygénation de toutes les substances, I. 85. Le régne végétal et le règne animal ont leurs oxides, *ibid.* — A deux bases, moyen d'expliquer sans périphrase le principe qui est en excès, I. 126. — Animaux. Leur nombre est encore indéterminé, I. 130. Il entre ordinairement dans leur composition 4 bases oxidables, 125. Les principes qui les constituent se désunissent à un très-léger

changement de température, 131.

OXIDES métalliques. Combinaisons de l'oxygène avec les métaux, I. 182. Les anciens Chimistes les confondoient sous le nom de chaux, avec un grand nombre de substances de nature très-différente, 84. — On les spécifie par leur couleur qui varie en raison de la quantité plus ou moins grande d'oxygène qu'ils contiennent, 85. — Brûlent avec flamme au feu alimenté par le gaz oxygène, II. 234. - Réflexions sur ce phénomène, *ibid.*

— Végétaux. Leur nomenclature, I. 128 *et suiv.* - Se décomposent à un degré de chaleur supérieur à l'eau bouillante; le calorique rompt l'équilibre qui existoit entre les parties qui les constituoient, 130. - Comment ils diffèrent entr'eux, 210. Leur décomposition par la fermentation vineuse, 139.

- Rouge de mercure. L'oxygène y tient très-peu. Moyens d'oxider les corps à une chaleur médiocre, I. 206.

OXYGÉNATION. Combinaison d'un corps avec l'oxygène, I. 66.

OXYGÈNE, a une grande affinité pour la lumière. - Elle contribue avec le calorique à le constituer dans l'état de gaz, I. 201. - Dans cet état il forme la partie respirable de l'air, 54. - Il entre pour un tiers dans le poids de notre atmosphère; l'azote constitue les deux autres tiers, 203. - Abandonne le calorique pour s'unir à l'hydrogène dans la combustion, 95. - C'est le principe acidifiant de tous les acides, 69. — Un premier degré de combinaison de ce principe avec l'azote forme le gaz nitreux, 80. — Un second degré constitue l'acide nitreux, *ibid.* - Un troisième constitue l'acide nitrique, 214. Ses combinaisons avec les substances simples se nomment binaires, ternaires, quaternaires, selon le nombre de ces substances, 207. Tableau de ses combinaisons binaires avec les substances simples métalliques et non métalliques, 203. Se dégage pendant la décomposition du nitre par l'acide sulfurique, 78. Il tient peu à l'acide nitrique, 207. Condition nécessaire pour sa combinaison, 203 *et suiv.* Il est le moyen d'union entre les métaux et les acides, 179. Tout porte à croire que les substances qui ont une grande affinité avec les acides contiennent de l'oxygène, 179. Et qu'il entre dans la composition des terres regardées comme simples, 180. — Quantité

que le sucre en contient, 242. – Il conserve une grande partie de son calorique en se combinant au gaz nitreux, 110.

P

PESANTEUR spécifique. On a désigné sous ce nom le poids absolu des corps divisés par leur volume. – On détermine cette pesanteur par le moyen de la balance hydrostatique, II. 15.

PÈSE-LIQUEURS, servent à déterminer la pesanteur spécifique des fluides, II. 16. Leur description. – Manière de s'en servir. On les construit en verre et en métal, *ibid. et suiv.*

PHOSPHORE. Substance inconnue des anciens Chimistes. C'est un produit de l'art. Epoque de sa découverte. – On le retire à présent des os des animaux. – Manière de le préparer, I. 224. C'est un corps combustible simple. – Il se rencontre, à ce qu'il paroît, dans toutes les substances animales et dans quelques plantes, 198, 199, 225. – Il y est ordinairement combiné avec l'azote, l'hydrogène, etc. – Il s'allume à 32 degrés de chaleur, 225. – Décompose le gaz oxygène à cette température, 58 *et suiv.* – Absorbe une fois et demie son poids d'oxygène, 63. Se convertit en un acide, 66. Il devient incombustible par sa combinaison avec l'oxygène, 65. – Appareils pour sa combustion, 58, 61, II. 160 *et suiv.* Quantité de calorique qui se dégage pendant sa combustion, I. 62 et 107. – Ses combinaisons avec les substances simples, 223. – Avec les métaux, 118. – Avec le gaz hydrogène, *ibid.* – Il paroît qu'il demeure combiné avec le charbon dans la distillation des végétaux, 136. — Enlève l'oxygène à l'acide nitrique et à l'acide muriatique oxygéné, 249. – C'est une des bases des acides animaux, 124.

PIERRES composées, se fondent au feu alimenté par le gaz oxygène, II. 234. — Précieuses. Celles qui sont décolorées par le feu alimenté de gaz oxygène, ont l'apparence d'une terre blanche, et de la porcelaine, II. 235.

PLANTES. La couleur des feuilles et la diversité de celles des fleurs tient à la combinaison de la lumière avec elles, I. 201. Contiennent du phosphore, 225.

POIDS. Division de la livre en fractions décimales, moyen de simplifier les calculs, II. 9. – Table pour convertir les fractions décimales en fractions vulgaires et réciproquement.

PORPHYRISATION. Instrumens propres à l'opérer, II. 81.

POTASSE. Son origine. Procédés pour l'extraire, I. 165 *et suiv.* Il n'est pas démontré qu'elle existe dans le charbon avant la combustion, 228. Il ne paroît pas qu'on puisse l'extraire des végétaux sans des intermèdes qui fournissent de l'azote et de l'oxygène, 169. - Presque toujours saturée d'acide carbonique, pourquoi, 167. - Elle est soluble dans l'eau, 168. - Elle attire l'humidité de l'air avec une grande rapidité. - Elle est en conséquence très propre à opérer la dessication des gaz, *ibid.* Elle est soluble dans l'esprit-de-vin, *ibid.*

POUDRE à canon, Il se dégage de l'azote et du gaz acide carbonique dans son inflammation, II. 203 et 204.

PRESSION de l'atmosphère. Elle met obstacle à l'écartement des molécules des corps, I. 8. - Sans elle il n'y auroit pas de fluides proprement dits, *ibid.* Expériences qui le prouvent, 9 et 10.

PULVÉRISATION. Instrumens propres à l'opérer, II. 81.

PUTRÉFACTION. Ses phénomènes sont dus en partie à la décomposition de l'eau, 101. - Est très-lente lorsque le corps qui l'éprouve ne contient pas d'azote, I. 155. - C'est dans le mélange des substances végétales et animales que consiste toute la science des amendemens et des fumiers, *ibid.* - Des végétaux, n'est autre chose que l'analyse des substances végétales, dans laquelle la totalité de leurs principes se dégage sous la forme de gaz, I. 154.

PYRITES, nom que les anciens donnoient à la combinaison du soufre et des métaux, I. 117.

R

RADICAL acéteux. Tableau de ses combinaisons, I. 294. Acide à deux bases. - C'est le plus oxygéné des acides végétaux. - Contient un peu d'azote. Moyens de l'obtenir et de l'avoir pur. Libre de toute combinaison, il est dans l'état de gaz au degré de température dans lequel nous vivons. - La plupart des sels qu'il forme avec les bases salifiables ne sont pas cristallisables, 295 *et suiv.*

- Boracique. Sa nature est inconnue, I. 229.
- Fluorique. Sa nature est inconnue, I. 229. Ses combinaisons avec l'oxygène, *ibid.*
- Malique. Tableau de ses combinaisons, I. 281.
- Muriatique. Sa nature est encore inconnue, I. 229.

RADICAL tartareux. Tableau de ses combinaisons, I. 227.
RADICAUX des acides, leur tableau, I. 196.-Combinaisons des radicaux simples avec l'oxygène, 203 *et suiv.* Combinaison des radicaux composés avec l'oxygène, 218 *et suiv.*
—Hidro-carboneux et carbone-hydreux, I. 198.
— Oxidables et acidifiables. Sont simples dans le règne minéral. - Sont composés dans les deux autres, I. 209.
RAPE. Sert à diviser les substances pulpeuses, II. 83.
RÉDUCTIONS métalliques. Ne sont autre chose que des oxygénations du charbon par l'oxygène contenu dans les oxides métalliques, I. 206.
RESPIRATION. Raisons qui ont empêché d'en parler dans cet ouvrage, I. 202.
RUBIS. Se ramollit, se soude et se fond sans altération de sa couleur, par l'action du feu alimenté par le gaz oxygène, II. 234.
— *Du* Brésil. Se décolore et perd un cinquième de son poids au feu alimenté par le gaz oxygène, II. 235.
SALPÊTRE. Combinaisons de l'acide nitrique et de la potasse, I. 233. Moyens d'obtenir ce sel, *ibid.* - Son rafinage fondé sur la différente solubilité des sels, II. 117 et 118.
SANG. La partie rouge est un oxide animal, I. 130.
SÉCRÉTIONS animales. Sont de véritables oxides, I. 130.
SEL marin. Combinaison de l'acide muriatique et de la soude, I. 259.
—Muriatique oxygéné de potasse. Fournit un gaz oxygène absolument pur, II. 185.
— Sédatif. Voy. *Acide Boracique*, I. 265.
—Neutres. Leur formation, I. 162 et 189.-Ils résultent de la réunion d'une substance simple oxygénée avec une base quelconque, 164. Ou, ce qui est la même chose, de l'union des acides avec les substances métalliques, terreuses et alkalines, 162. - Quelles sont les bases salifiables susceptibles de se combiner avec les acides, 162 et 164. – Le nombre des sels connus a augmenté en raison des acides qui ont été découverts, 209. – Dans l'état actuel de nos connoissances, il est de 1152, 182. Mais il est probable que toutes ces combinaisons salines ne sont pas possibles, 183. - Combinaisons salines présentées sous la forme de tableaux. – On a suivi pour les classer les mêmes principes que pour les substances simples, *ibid. et suiv.* Leur nomenclature, 183. On les distingue par le nom de leur base salifiable, 184 *et suiv.* - Plan d'expériences sur les sels neutres, 187. — De leur solution,

II. 81. - Par le calorique, 102 et 116.-On confondoit autrefois la solution et la dissolution, 101 et 102. Des différens degrés de solubilité des sels, 104 *et suiv.* Travail à faire sur les sels neutres, 106.

SIPHON. Sa description, II. 90.

SOUFRE. Substance combustible qui est dans l'état concret à la température de l'atmosphère, et qui se liquéfie, à une chaleur supérieure à l'eau bouillante, I. 221. Sa combinaison avec les substances simples, *ibid.* - Avec le gaz hydrogène, 118. Avec différens autres gaz, 66. - Avec le charbon, 67. Il décompose l'air, 65.-Enlève l'oxygène au calorique, *ibid.* - Il est susceptible de plusieurs degrés de saturation en se combinant avec l'oxygène, 72. Moyen d'exciter sa combustion pour la formation de l'acide sulfurique, 241.

SUBLIMATION. - Distillation des matières qui se condensent sous forme concrète, II. 126.

SUBSTANCES animales sont composées d'hydrogène, de carbone, de phosphore, d'azote et de soufre, le tout porté à l'état d'oxide par une portion d'oxygène, I. 158. Leur distillation donne les mêmes résultats que les plantes crucifères, 136. Elles donnent seulement plus d'huile et plus d'ammoniac, en raison de l'azote et de l'hydrogène qu'elles contiennent dans une plus grande proportion, 136. Elles favorisent la putréfaction, parce qu'elles contiennent de l'azote, 155. Elles peuvent varier en raison de la proportion de leurs principes constituans et de leur degré d'oxygénation, 213. Sont décomposées par le feu, 132.

SUBSTANCES combustibles. Ce sont celles qui ont une grande appétence pour l'oxygène, I. 116. Peuvent s'oxygéner par leur combinaison avec les nitrates et les muriates oxygénés, 206 et 207. —Métalliques. A l'exception de l'or et quelquefois de l'argent, elles se présentent rarement dans la nature sous la forme métallique, 173. Celles que nous pouvons réduire sous forme métallique sont au nombre de 17, 174. Celles qui ont plus d'affinité avec l'oxygène qu'avec le carbone ne sont pas susceptibles d'être amenées à cet état, 174. Considérées comme bases salifiables, 175. Ne peuvent se dissoudre que lorsqu'elles s'oxident, 176 et 177. L'effervescence qui a lieu pendant leur dissolution dans les acides prouve qu'elles s'oxident, *ibid.* Se dissolvent sans effervescence dans les acides lors-

qu'elles ont été préalablement oxidées, 178. - Se dissolvent sans effervescence dans l'acide muriatique oxygéné, *ibid.* - Dans l'acide sulfureux, 245. - Celles qui sont trop oxygénées s'y dissolvent et forment des sulfates métalliques, *ibid.* Décomposent toutes le gaz oxygène, excepté l'or et l'argent, 82, 203 *et suiv.* Elles s'oxident et perdent leur éclat métallique, 83. Pendant cette opération elles augmentent de poids à proportion de l'oxygène qu'elles absorbent, *ibid.* - Les anciens donnoient improprement le nom de chaux aux métaux calcinés ou oxides métalliques, 83. - Appareils pour accélérer l'oxidation, II. 192 *et suiv.* - N'ont pas toutes le même degré d'affinité pour l'oxygène, 191. Lorsqu'on ne peut en séparer l'oxygène, elles demeurent constamment dans l'état d'oxides et se confondent pour nous avec les terres, I. 174. Décomposent l'acide sulfurique en lui enlevant une portion de son oxygène, et alors elles s'y dissolvent, 242. - Leurs combinaisons les unes avec les autres, 230. Les alliages qui en résultent sont plus cassans que les métaux alliés, 116. - C'est à leurs différens degrés de fusibilité que sont dus une partie des phénomènes que présentent ces combinaisons, 117. Brûlent avec flamme colorée et se dissipent entièrement au feu alimenté par le gaz oxygène, II. 234. Toutes, excepté le mercure, s'y oxident sur un charbon. *ib.*

SUBSTANCES salines se volatilisent au feu alimenté par le gaz oxygène, II. 234.

— Simples. Leur définition. Ce sont celles que la Chimie n'a pas encore pu parvenir à décomposer, I. 193 *et suiv.* Leur tableau, 192. - Leurs combinaisons avec le soufre, 221. - Avec le phosphore, 223. - Avec le carbone, 227. - Avec l'hydrogène, 217. - Avec l'azote, 213.

— Végétales. Leurs principes constitutifs sont l'hydrogène et le carbone, I. 132. Contiennent quelquefois du phosphore et de l'azote, 136. Manière d'envisager leur composition et leur décomposition, 132. - Leur décomposition se fait en vertu d'affinités doubles et triples, 135. Tous les principes qui les composent sont en équilibre entr'eux au degré de température dans lequel nous vivons, 133. - Leur distillation fournit la preuve de cette théorie, 135. A un degré peu supérieur à l'eau bouillante, une partie du carbone devient libre, 134. L'hydrogène et l'oxygène se réunissent pour former de l'eau, *ibid.* - Une

portion d'hydrogène et de carbone s'unissent et forment de l'huile volatile, *ibid.* - A une chaleur rouge l'huile formée seroit décomposée, 135. - L'oxygène alors s'unit au carbone avec lequel il a plus d'affinité à ce degré, 134. - L'hydrogène s'échappe sous la forme de gaz en s'unissant au calorique, *ibid.*

SUCRE. Oxide végétal à deux bases, I. 125. - Son analyse, 142 *et suiv.* - En l'oxygénant on forme de l'acide oxalique, de l'acide malique, de l'acide acéteux, selon la proportion d'oxygène, 194. - Moyens de rompre l'équilibre de ses principes par la fermentation, 142. — Récapitulation des résultats obtenus par la fermentation, 148. - Contient les substances propres à former de l'eau, mais non de l'eau toute formée, 151. —De lait oxygéné forme l'acide saccholactique, I. 311.

SULFATES. Combinaisons de l'acide sulfurique avec les différentes bases, I. 245. —Métalliques. Combinaisons des métaux avec l'acide sulfurique, I. 245.

SULFITES. Combinaisons de l'acide sulfureux avec les différentes bases, I. 245. —Métalliques pourroient bien ne pas exister, I. 245.

SULFURES. Combinaisons du soufre avec les métaux, I. 118.

T

TABLEAU des acides et de leurs bases salifiables. I. 180 *et suiv.* — Des substances simples, 192. — Des radicaux composés, 196. — Des combinaisons de l'oxygène, 203, 208. — Des combinaisons de l'azote, 212. — De l'hydrogène, 216. - Du soufre, 220. —Du phosphore, 222. —Du carbone, 226.— De l'acide nitrique, 232. — De l'acide sulfurique, 238. - De l'acide sulfureux, 243.- De l'acide phosphoreux, 246. - De l'acide phosphorique, 247. — De l'acide carbonique, 250. — De l'acide muriatique, 253. De l'acide muriatique oxygéné, 254.— De l'acide nitro-muriatique, 258. — De l'acide fluorique, 161. — De l'acide boracique, 264. — De l'acide arsenique, 268. — De l'acide molybdique, 272. - De l'acide tunstique, 274. - De l'acide tartareux, 277. - De l'acide malique, 281. - De l'acide citrique, 284. - De l'acide pyroligneux, 286. — De l'acide pyro-tartareux, 288. — De l'acide pyro-muqueux, 290. De l'acide oxalique, 292. De l'acide acétique, 298. De l'acide succinique, 300. De l'acide benzoïque, 302. De l'acide camphorique, 304. — De l'acide gallique, 306. — De l'acide lactique, 308. - De l'acide saccholacti-

que, 310. De l'acide formique, 312. De l'acide bombique, 314. De l'acide sébacique, 316. De l'acide lithique, 318. De l'acide prussique, 320.

TAMISAGE. Moyen de séparer les corps en molécules de grosseurs à-peu-près uniformes, II. 87.

TARTRE est composé de l'acide appelé *tartarum*, et de potasse. Moyen de le décomposer pour en obtenir l'acide pur, II. 56 et 57.

TARTRITE acidule de potasse. Combinaison de la potasse et de l'acide tartareux, avec excès d'acide, I. 280.

— de potasse. Sel parfaitement neutre, résultant de la combinaison de l'acide tartareux et de la potasse, I. 280.

TERRE ou terreau. Principe fixe qui reste après l'analyse des substances végétales fermentées, I. 154.

— On les regarde comme des êtres simples, I. 172. Il y a quelques raisons de penser qu'elles contiennent de l'oxygène, 180, 195. Et peut-être qu'elles sont des métaux oxidés, *ib.* Elles ont une grande tendance à la combinaison, 172.

TERRES composées. Se fondent au feu alimenté par le gaz oxygène sous la forme d'un verre blanc, II. 214.

THERMOMÈTRE. Corrections du volume des gaz relatives aux différens degrès du thermomètre. Modèle de calcul pour ces corrections, II. 58 *et suiv.*

TOPAZE de Saxe. Se décolore et perd un cinquième de son poids au feu alimenté par le gaz oxygène, II. 235.

TRITURATION. Instrumens propres à l'opérer, II, 81.

TUNGSTÈNE. Métal particulier souvent confondu avec l'étain. Sa cristallisation. Sa pesanteur spécifique. Il se trouve naturellement dans l'état d'oxide. Il fait fonction d'acide. Il y est uni à la chaux, I. 275.

V

VAISSEAUX évaporatoires. Leur forme, II. 112 *et suiv.*

VAPORISATION. Passage d'un fluide liquide à l'état aériforme, I. 12.

VERRES ardens. Ne produisent pas d'aussi grands effets qu'on avoit lieu de l'attendre, II. 230.

VERS à soie. Sa chrysalide fournit l'acide bombique, I. 315.

WOLFRAM. Substance métallique. Véritable tungstène, I. 275.

Fin de la Table des Matières.

EXTRAIT des Registres de l'Académie des Sciences.

Du 4 Février 1789.

L'Académie nous a chargés, M. d'Arcet et moi, de lui rendre compte d'un Traité élémentaire de Chimie, que lui a présenté M. Lavoisier.

Ce Traité est divisé en trois parties : la première a principalement pour objet, la formation des fluides aériformes et leur décomposition, la combustion des corps simples, et la formation des acides.

Les molécules des corps peuvent être considérées comme obéissant à deux forces, l'une répulsive, l'autre attractive. Pendant que la dernière de ces forces l'emporte, le corps demeure dans l'état solide ; si, au contraire, l'attraction est plus foible, les parties du corps perdent l'adhérence qu'elles avoient entr'elles, et il cesse d'être un solide.

La force répulsive est due au fluide très-subtil qui s'insinue à travers les molécules de tous les corps, et qui les écarte ; cette substance, quelle qu'elle soit, étant la cause de la chaleur, ou, en d'autres termes, la sensation que nous appelons chaleur, étant l'effet de l'accumulation de cette substance, on ne peut pas, dans un langage rigoureux, la désigner par le nom de chaleur, parce que la même dénomination ne peut pas exprimer la cause et l'effet ; c'est ce qui a déterminé M. Lavoisier, avec les autres auteurs de la nomenclature chimique, à la désigner sous le nom de calorique.

Nous nous contenterons, dans ce rapport, d'employer la nomenclature adoptée par M. Lavoisier ; mais dans le cours de son ouvrage, après avoir établi, par les expériences les plus exactes, les faits qui doivent servir de base aux connoissances chimiques, il a toujours soin de justifier la nomenclature dont il fait usage, et de suivre les rapports qui doivent se trouver entre les idées et les mots qui les représentent.

S'il n'existoit que la force attractive des molécules de la matière, et la force répulsive du calorique, les corps passeroient brusquement de l'état de solide à celui de fluide aériforme ; mais une troisième force, la pression de l'atmosphère, met obstacle à cet écartement, et c'est à cet obstacle qu'est due l'existence des fluides. M. Lavoisier établit, par plusieurs expériences, quel est le degré de pression qui est nécessaire pour contenir différentes substances dans l'état liquide, et quel est le degré de chaleur nécessaire pour vaincre cette résistance. Mais il y a un certain nombre de substances qui, à la pression de notre atmosphère et au degré de froid connu, n'abandonnent jamais l'état de fluide aériforme ; ce sont celles-là qu'on désigne sous le nom de gaz.

Puisque les molécules de tous les corps de la nature sont dans un état d'équilibre entre l'attraction, qui tend à les rapprocher et à les réunir, et les efforts du calorique, qui tend à les écarter, non-seulement le calorique environne de toutes parts les corps, mais encore il remplit les intervalles que leurs molécules laissent entr'elles, et comme c'est un fluide extrêmement compressible, il s'y accumule, il s'y resserre et s'y combine en partie. De ces considérations, M. Lavoisier déduit l'explication de ce qu'on doit entendre par le calorique libre, le calorique combiné, la capacité de calorique, la chaleur absolue, la chaleur latente, la chaleur sensible. On pourroit lui reprocher d'avoir insisté trop peu sur la propriété élastique et compressible du calorique, et de-là résulte une différence entre ses principes et la théorie de M. Black, sur la capacité de chaleur ; mais en écartant cette considération, les idées de M. Lavoisier ont acquis l'avantage d'avoir plus de clarté.

Après ces principes généraux, M. Lavoisier décrit le moyen qu'a imaginé M. de la Place pour déterminer par la quantité de glace fondue, celle du calorique qui s'est dégagé au milieu de cette glace, d'un corps qui étoit élevé à une certaine température, ou d'une combinaison qui s'y est formée. Il passe ensuite à des vues générales sur la formation et la constitution de l'atmosphère de la terre, non-seulement en la considérant dans l'état où elle se trouve, mais encore dans différens états hypothétiques.

Notre atmosphère est formée de toutes les substances

susceptibles de demeurer dans l'état aériforme au degré habituel de température et de pression que nous éprouvons. Il étoit bien important de déterminer quel est le nombre et quelle est la nature des fluides élastiques qui composent cette couche inférieure que nous habitons. On sait que les connoissances que nous avons acquises sur cet objet, font la gloire de la Chimie moderne; que non-seulement on a analysé ces fluides, mais qu'on a encore appris à connoître une foule de combinaisons qu'ils formoient avec les substances terrestres, et que par-là le vide immense que les anciens Chimistes cherchoient à déguiser par quelques suppositions, a été comblé pour la plus grande partie. Il est bien intéressant de voir celui qui a le plus contribué à nous procurer ces connoissances nouvelles, en tracer lui-même le tableau, rapprocher les résultats des expériences qui ont fait l'objet d'un grand nombre de ses Mémoires, perfectionner ces expériences et tous les appareils qu'il a fallu imaginer; mais il n'est pas possible de suivre dans un extrait les descriptions que M. Lavoisier présente avec beaucoup de concision, sur l'analyse de l'air de l'atmosphère, la décomposion du gaz oxygène par le soufre, le phosphore et le charbon, sur la formation des acides en général, la décomposition du gaz oxygène par les métaux, la formation des oxides métalliques, le principe radical de l'eau, sa décomposition par le charbon et par le fer, la quantité de calorique qui se dégage des différentes espèces de combustion, et la formation de l'acide nitrique.

Après tous ces objets, M. Lavoisier examine la combinaison des substances combustibles les unes avec les autres.

Le soufre, le phosphore, le charbon ont la propriété de s'unir avec les métaux, et de-là naissent les combinaisons que M. Lavoisier désigne sous le nom de sulfures, phosphures et carbures.

L'hydrogène peut aussi se combiner avec un grand nombre de substances combustibles; dans l'état de gaz, il dissout le carbone ou charbon pur, le soufre, le phosphore, et de-là viennent les différentes espèces de gaz inflammable.

Lorsque l'hydrogène et le carbone s'unissent ensemble, sans que l'hydrogène ait été porté à l'état de gaz par le calorique, il en résulte, selon M. Lavoisier, cette

combinaison particulière qui est connue sous le nom d'huile, et cette huile est fixe ou volatile, selon les proportions de l'hydrogène et du carbone. Il a exposé dans les Mémoires de 1784, les expériences qui l'ont conduit à cette opinion.

Cependant il nous paroît que cette opinion n'est pas à l'abri des objections ; nous nous contenterons d'en proposer une. Toutes les huiles donnent un peu d'eau et un peu d'acide lorsqu'on les distille, et en réitérant les distillations, on peut les réduire entièrement en eau, en acide, en charbon, en gaz carbonique et en gaz hydrogène carboné. Cet acide et cette eau qu'on retire dans chaque opération, n'annoncent-ils pas qu'il entroit de l'oxygène dans la composition de l'huile ; car il est facile de prouver que l'air qui est contenu dans les vaisseaux qui servent à la distillation, n'a pas pu contribuer d'une manière sensible à leur production.

Il falloit d'abord examiner les phénomènes que présente l'oxygénation des quatre substances combustibles simples, le phosphore, le soufre, le carbone et l'hydrogène ; mais ces substances, en se combinant les unes avec les autres, ont formé des corps combustibles composés, tels que les huiles, dont l'oxygénation doit présenter d'autres résultats. Selon M. Lavoisier, il existe des acides et des oxides à base double et triple : il donne en général le nom d'oxide à toutes les substances qui ne sont pas assez oxygénées pour prendre le caractère acide. Tous les acides du règne végétal ont pour base l'hydrogène et le carbone, quelquefois l'hydrogène, le carbone et le phosphore. Les acides et oxides du règne animal sont encore plus composés ; il entre dans la composition de la plupart quatre bases acidifiables, l'hydrogène, le carbone, le phosphore et l'azote. M. Lavoisier tâche de rendre raison par ces principes très-simples, de la nature et de la différence des acides végétaux et des autres substances d'une nature végétale et d'une nature animale ; il ne seroit pas juste dans ce moment de juger avec sévérité ces apperçus ingénieux, parce que l'Auteur se propose de les développer dans des Mémoires particuliers.

L'hydrogène, l'oxygène et le carbone sont des principes communs à tous les végétaux, et pour cette raison, M. Lavoisier les appelle primitifs. Ces principes, en raison de la quantité de calorique avec lequel ils se trou-

vent combinés dans les végétaux, sont tous à-peu-près en équilibre à la température dans laquelle nous vivons; ainsi les végétaux ne contiennent ni huile, ni eau, ni acide carbonique, et seulement les élémens de toutes ces substances; mais un changement léger dans la température suffit pour renverser cet ordre de combinaison. L'hydrogène et l'oxygène s'unissent plus intimement et forment de l'eau qui passe dans la distillation; une portion de l'hydrogène et une portion du carbone se réunissent ensemble pour former de l'huile volatile, une autre partie du carbone devient libre et reste dans la cornue. Dans les substances animales, l'azote, qui est un de leurs principes primitifs, s'unit à une portion d'hydrogène pour former l'alkali volatil. M. Lavoisier donne des explications analogues à celles que nous venons d'indiquer, des phénomènes et des produits de la fermentation vineuse, et de la putréfaction.

Il y a un grand rapport entre ces dernières idées de M. Lavoisier et celles que M. Higgins a exposées dans un traité sur l'acide acéteux, la distillation, la fermentation, ect. qu'il a publié en 1786, et dans lequel il admet la formation de l'eau et des huiles par l'action de la chaleur; mais n'ayant pas distingué le gaz hydrogène qu'il appelle phlogistique (ce qui est tout-à-fait indifférent), du charbon et de leur combinaison, il n'a pu déterminer les effets de la chaleur et de la fermentation avec autant d'exactitude que M. Lavoisier.

Les substances acidifiables, en s'unissant avec l'oxygène et en se convertissant en acides, acquièrent une grande tendance à la combinaison: elles deviennent propres à s'unir avec des substances terreuses et métalliques. Mais une circonstance remarquable distingue ces deux espèces de combinaison; c'est que les métaux ne peuvent contracter d'union avec les acides que par l'intermède de l'oxygène, de manière qu'il faut qu'ils soient réduits en oxides, ou qu'ils décomposent l'eau dont ils dégagent alors le gaz hydrogène, ou qu'ils trouvent de l'oxygène dans l'acide, et c'est ainsi qu'ils forment du gaz nitreux avec l'acide nitrique.

La considération des phénomènes qui accompagnent les dissolutions, conduit M. Lavoisier à celle des bases alkalines, des terres et des métaux, et à déterminer le nombre des

sels qui peuvent résulter de la combinaison de ces différentes bases avec tous les acides connus.

Dans la seconde partie de son ouvrage, M. Lavoisier présente successivement le tableau des substances simples, ou plutôt de celles que l'état actuel de nos connoissances nous oblige à considérer comme telles, celui des radicaux ou bases oxidables et acidifiables, composées de la réunion de plusieurs substances simples, ceux des combinaisons de l'azote, de l'hydrogène, du carbone, du soufre et du phosphore, avec des substances simples, et enfin ceux des combinaisons de tous les acides connus, avec les différentes bases. Chaque tableau est accompagné d'une explication sur la nature et les préparations de la substance qui en est l'objet, et sur ses principales combinaisons.

M. Lavoisier a réuni, dans la troisième partie de son ouvrage, la description sommaire de tous les appareils et de toutes les opérations manuelles qui ont rapport à la Chimie élémentaire. Les détails indispensables dans lesquels il faut entrer, auroient interrompu la marche des idées rapides qu'il a présentées dans les deux premières parties, et en auroient rendu la lecture fatigante.

Cette description est d'autant plus précieuse, que non-seulement elle est faite avec beaucoup de méthode et de clarté, mais encore qu'elle a particulièrement pour objet les appareils relatifs à la Chimie moderne, dont plusieurs sont dus à M. Lavoisier lui-même, et qui, en général, sont encore peu connus, même de ceux qui font un étude particulière de la Chimie ; mais il est impossible de tracer une esquisse de ces descriptions, et nous sommes obligés de nous borner à l'énumération des chapitres dans lesquels elles sont classées.

Le chapitre premier traite des instrumens propres à déterminer le poids absolu et la pesanteur spécifique des corps solides et liquides.

Le second est destiné à la gazométrie, ou à la mesure du poids et du volume des substances aériformes.

Le chapitre troisième contient la description des opérations purement mécaniques, qui ont pour objet de diviser les corps, telles que la trituration, la porphirisation, le tamisage, le filtrage, ect.

M. Lavoisier decrit, dans le chapitre cinquième, les moyens que la Chimie emploie pour écarter les unes des

autres les molécules des corps sans les décomposer, et réciproquement pour les réunir, ce qui comprend la solution des sels, leur lixiviation, leur évaporation, leur cristallisation et les appareils distillatoires.

Les distillations pneumato-chimiques, les dissolutions métalliques, et quelques autres opérations qui exigent des appareils très-compliqués, sont l'objet du sixième chapitre.

Le chapitre septième contient la description des opérations relatives à la combustion et à la détonation. Les appareils qui sont décrits dans ce chapitre sont entièrement nouveaux.

Enfin, le chapitre huitième est destiné aux instrumens nécessaires pour opérer sur les corps à de très-hautes températures.

Toutes ces descriptions sont rendues sensibles par un grand nombre de planches qui présentent tous les détails qu'on peut desirer, et qui sont gravées avec beaucoup de soin. Nous ne devons pas laisser ignorer à la reconnoissance des Chimistes, qu'elles ne sont point l'ouvrage d'un burin mercenaire, mais qu'elles sont dues aux zèle et aux talens variés d'un traducteur de l'ouvrage de M. Kirwan sur le phlogistique.

Ces nouveaux élémens sont terminés par quatre tables; la première donne le nombre des pouces cubiques correspondans à un poids déterminé d'eau; la seconde est destinée à convertir les fractions vulgaires en fractions décimales, et réciproquement; la troisième présente le poids des différens gaz, et la quatrième, la pesanteur spécifique des différentes substances.

Ainsi, M. Lavoisier, en partant des notions les plus simples et des objets les plus élémentaires, conduit successivement aux combinaisons plus composées. Ses raisonnemens sont presque toujours fondés sur des expériences rigoureuses, ou plutôt ils n'en sont que le résultat; et il finit par donner les élémens de l'art des expériences qui doit servir de guide aux chimistes qui, au lieu de se livrer à de vaines hypothèses, veulent établir leurs opinions la balance à la main.

L'ouvrage est précédé d'un discours dans lequel M. Lavoisier rend compte des motifs qui l'ont engagé à l'entreprendre, et de la marche qu'il a suivie dans son exécution.

S'étant

S'étant imposé la loi de ne rien conclure au-delà de ce que les expériences présentent et de ne jamais suppléer au silence des faits, il n'a point compris dans ses élémens la partie de la Chimie la plus susceptible peut-être de devenir un jour une science exacte ; c'est celle qui traite des affinités ou attractions chimiques ; mais les données principales manquent, ou du moins celles que nous avons ne sont encore ni assez précises, ni assez certaines pour devenir la base sur laquelle doit porter une partie aussi importante de la Chimie.

M. Lavoisier a la modestie d'avouer qu'une considération secrète a peut-être donné du poids aux raisons qu'il pouvoit avoir de se taire sur les affinités ; c'est que M. de Morveau est au moment de publier l'article *affinité* de l'Encyclopédie méthodique, et qu'il a redouté de traiter, en concurrence avec lui, un objet qui exige des discussions très-délicates.

Quoique les Savans s'empressent de toutes parts de rendre justice aux connoissances profondes de M. de Morveau, il doit néanmoins être flatté d'un aveu qui honore également celui qui l'a fait.

Si M. Lavoisier ne parle point, dans ce Traité, des parties constituantes et élémentaires des corps, c'est qu'il regarde comme hypothétique tout ce qu'on a dit sur les quatre élémens : il est probable que nous ne connoissons pas les molécules simples et indivisibles qui composent les corps ; mais il est un terme auquel nous conduisent nos analyses, et ce sont les derniers résultats que nous en obtenons, qui sont pour nous des substances simples, ou, si l'on veut, des élémens.

Mais l'objet principal de ce discours est de faire sentir la liaison qui se trouve entre l'abus des mots et les idées fausses, et entre la précision du langage et les progrès des sciences.

Nous pensons que ces nouveaux Elémens sont très-dignes d'être imprimés sous le privilége de l'Académie.

Fait à l'Académie, le 4 Février 1789.

Signé, D'ARCET et BERTHOLET.

Je certifie le présent extrait conforme à l'original, et au jugement de l'Académie. A Paris, ce 7 Février 1789.

Signé, le Marquis DE CONDORCET.

EXTRAIT des Registres de la Société Royale de Médecine.

Du 6 Février 1789.

LA Société nous a chargés, M. de Horne et moi, d'examiner un Ouvrage de M. Lavoisier, ayant pour titre : *Traité élémentaire de Chimie, présenté dans un ordre nouveau, et d'après les découvertes modernes.* Comme ce Traité, que nous avons lu avec le plus vif intérêt, offre une méthode élémentaire différente de toutes celles qu'on a suivies dans les Ouvrages du même genre, nous avons cru devoir en rendre un compte très-détaillé à la Compagnie.

Les Physiciens, et tous les hommes qui s'adonnent à l'étude de la Philosophie naturelle, savent que c'est aux expériences de M. Lavoisier qu'est due la révolution que la chimie a éprouvée depuis quelques années; à peine M. Black eut-il fait connoître, il y a bientôt vingt ans, l'être fugace qui adoucit la chaux et les alkalis, et qui avoit jusques-là échappé aux recherches des Chimistes; à peine M. Priestley eut-il donné ses premières expériences sur l'air fixe et ce qu'il appeloit les différentes espèces d'air, que M. Lavoisier, qui ne s'étoit encore appliqué qu'à mettre dans les opérations de Chimie de l'exactitude et de la précision, conçut le vaste projet de répéter et de varier toutes les expériences des deux célèbres Physiciens Anglois, et de poursuivre avec une ardeur infatigable une carrière nouvelle, dont il prévoyoit dès-lors l'étendue. Il sentit sur-tout que l'art de faire des expériences vraiment utiles, et de contribuer aux progrès de la science de l'analyse, consistoit à ne rien laisser échapper, à tout recueillir, à tout peser. Cette idée ingénieuse, à laquelle sont dues toutes les découvertes modernes, l'engagea à imaginer, pour les effervescences, pour les combustions, pour la calcination des métaux, etc., des appareils capables de porter la lumière la plus vive sur la cause et les résultats de ces opérations. On connoît trop généralement aujourd'hui la plupart des faits et des découvertes que cette route expérimentale

nouvelle a fait naître, pour que nous ayons besoin d'en suivre ici les détails ; nous nous contenterons de rappeller que c'est à l'aide de ces procédés, à l'aide de ce nouveau sens, ajouté, pour ainsi dire, à ceux que le Physicien possédoit déjà, que M. Lavoisier est parvenu à établir des vérités et une doctrine nouvelles sur la combustion, sur la calcination des métaux, sur la nature de l'eau, sur la formation des acides, sur la dissolution des métaux, sur la fermentation et sur les principaux phénomènes de la nature. Ces instrumens si ingénieux, cette méthode expérimentale si exacte et si différente des procédés employés autrefois par les Chimistes, n'ont cessé, depuis 1772, de devenir entre les mains de M. Lavoisier et des Physiciens qui ont suivi la même route, une source féconde de découvertes. Les Mémoires de l'Académie des Sciences offrent, depuis 1772 jusqu'en 1786, une suite non interrompue de travaux, d'expériences, d'analyses faites par ce Physicien sur le même plan. Ce qu'il y a de plus frappant pour ceux qui aiment à suivre les progrès de l'esprit humain dans ce genre de recherches, dont on n'avoit aucune idée il y a vingt ans, c'est que toutes les découvertes qui se sont succédées depuis cette époque, n'ont fait que confirmer les premiers résultats trouvés par M. Lavoisier, et donner plus de force et plus de solidité à la doctrine qu'il a proposée. Une autre considération, qui nous paroît également importante, c'est que les expériences de Bergman, de Schéele, de MM. Cavendish, Priestley, et d'un grand nombre d'autres Chimistes dans différentes parties de l'Europe, quoique faites sous des points de vue et avec des moyens différens en apparence, se sont tellement accordées avec les résultats généraux dont nous parlions plus haut, que cet accord, bien propre à convaincre les Physiciens qui cherchent la vérité sans prévention, et avec le courage nécessaire pour résister aux préjugés, n'a fait que rendre plus solides et plus inébranlables les fondemens sur lesquels repose la nouvelle doctrine chimique. C'est dans cet état de la science, c'est à l'époque où les faits nouveaux, généralement reconnus, n'excitent encore des discussions entre les Physiciens, que relativement à leur explication, que M. Lavoisier, auteur de la plus grande partie de ces découvertes, et de la théorie simple et lumineuse qu'elles

ont créée, s'est proposé d'enchaîner dans un nouvel ordre les vérités nouvelles, et d'offrir aux Savans, ainsi qu'à ceux qui veulent le devenir, l'ensemble de ses travaux. Ceux qui ont suivi avec soin les progrès successifs de la Chimie, ne trouveront dans l'Ouvrage dont nous nous occupons, que les faits qu'ils connoissent déjà; mais ils se présenteront à eux dans un ordre qui les frappera par sa clarté et sa précision. Ce sera donc spécialement sur la marche des faits, des idées et des raisonnemens tracés par M. Lavoisier, que nous insisterons dans ce rapport.

Ce Traité est divisé en trois parties. Dans la première, M. Lavoisier expose les élémens de la science et les bases sur lesquelles elle est fondée. C'est sur les corps les plus simples, et sur le premier ordre de leurs combinaisons, que roule cette première partie, comme nous le dirons tout-à-l'heure.

La seconde partie présente les tableaux de toutes les combinaisons de ces corps simples entr'eux, et des mixtes qu'ils forment les uns avec les autres. Les composés salins neutres en sont particulièrement le sujet.

Dans la troisième partie, M. Lavoisier décrit les appareils nouveaux, dont il a imaginé la plus grande partie, et à l'aide desquels il a établi les vérités exposées dans la première partie.

Considérons chacune de ces parties plus en détail, et suivons l'Auteur jusqu'à ses dernières divisions, pour faire connoître l'utilité et l'importance de son Ouvrage.

Première Partie.

En exposant dans un Discours préliminaire, les motifs qui l'ont engagé à écrire son Ouvrage, M. Lavoisier annonce que c'est en s'occupant de la nomenclature et en développant ses idées sur les avantages et la nécessité de lier les mots aux faits, qu'il a été entraîné comme malgré lui à faire un traité élémentaire de Chimie; que cette nomenclature méthodique l'ayant conduit du connu à l'inconnu, cette marche qu'il s'est trouvé forcé de suivre, lui a paru propre à guider les pas de ceux qui veulent étudier la Chimie; il pense que, quoique cette science ait encore beaucoup de lacunes et ne soit pas complette

comme la Géométrie élémentaire, les faits qui la composent s'arrangent cependant d'une manière si heureuse dans la doctrine moderne, qu'il est permis de la comparer à cette dernière, et qu'on peut espérer de la voir s'approcher, de nos jours, du degré de perfection qu'elle est susceptible d'atteindre. Son but a été de ne rien conclure au-delà de l'expérience, de ne jamais suppléer au silence des faits.

C'est pour cela qu'il n'a point parlé des principes des corps, sur lesquels on a depuis si long-tems donné des idées vagues dans les écoles et dans les Ouvrages élémentaires; qu'il n'a rien dit des attractions ou affinités chimiques, qui ne sont point encore connues, suivant lui, avec l'exactitude nécessaire pour en exposer les généralités dans des élémens. Il termine ce discours, en retraçant les raisons et les motifs qui ont guidé les Chimistes dans le travail de la nouvelle nomenclature, et en faisant voir quelle influence les noms exacts proposés dans ce travail, peuvent avoir sur les progrès et l'étude de la science.

La première partie qui suit immédiatement ce Discours préliminaire, comprend dix-sept chapitres.

M. Lavoisier annonce qu'il traite, dans cette première partie, de la formation des fluides aériformes et de leur décomposition; de la combustion des corps simples, et de la formation des acides. Ce titre, qui n'auroit certainement pas rappelé aux anciens Chimistes l'ensemble de leur science, le comprend cependant tout entier pour ceux qui la possèdent; et en effet, l'un de nous en traçant la marche et l'état de toutes les connoissances chimiques modernes dans quelques séances sur les fluides élastiques, a fait voir que toute la science est comprise dans l'histoire de leur développement et de leur fixation. Il est donc vrai de dire, que quoique le domaine de la Chimie ait été singulièrement aggrandi par le nombre considérable de faits nouveaux qu'elle a acquis depuis quelques années, le rapprochement, la liaison et la cohérence de ces faits, peuvent en resserrer les élémens dans l'esprit de ceux qui les possèdent, et de ceux qu'une méthode exacte guide dans leurs études; si les expériences semblent effrayer l'imagination par leur nombre, les résultats simples qu'on en tire, et les données générales qu'elles fournissent, font évanouir les difficultés, et

rendent le travail de la mémoire plus facile. Cette vérité sera mise dans tout son jour, par l'exposé des divers objets compris dans cette première partie de l'ouvrage de M. Lavoisier.

Le premier chapitre traite de la combinaison des corps avec le calorique ou la matière de la chaleur, et de la formation des fluides élastiques. Le calorique dilate tous les corps en écartant leurs molécules, qui tendent a se rapprocher par la force d'attraction. On peut donc considérer son effet comme celui d'une force répulsive ou opposée à l'attraction. Lorsque l'attraction des molécules est plus forte que l'écartement ou la force répulsive communiquée par le calorique, le corps est solide; si la force répulsive l'emporte sur l'attraction, les molécules s'écartent jusqu'à un certain point, la fusion, et enfin la fluidité élastique naissent de cet effet. Comme la diminution ou l'enlèvement du calorique permet le rapprochement des molécules des corps dont l'attraction agit alors librement, et comme on peut concevoir un réfroidissement toujours croissant, beaucoup plus fort que celui que nous connoissons, et conséquemment un rapprochement proportionné dans les molécules des corps, il s'ensuit que ces molécules ne se touchent pas, qu'il existe des intervalles entr'elles; ces intervalles sont remplis par le calorique. On peut l'y accumuler; c'est cette accumulation qui détruit l'attraction de ces molécules, et qui donne enfin naissance à un fluide élastique. Tous les corps liquides prendroient, à la surface du globe, cette forme de fluides élastiques, si la pression de l'air atmosphérique ne s'y opposoit pas; c'est en raison de cette pression qu'il faut que la température de l'eau soit élevée à 80 degrés pour qu'elle se réduise en vapeur; l'éther à 30 ou 33 degrés, l'alkool à 67. Mais les fluides supposés réduits en vapeurs par la suppression du poids de l'atmosphère, se formeroient bientôt un obstacle à eux-mêmes par leur pression.

On voit d'après cela qu'un fluide élastique ou un gaz n'est qu'une combinaison d'un corps quelconque ou d'une base avec le calorique. On voit encore que, suivant les espaces ou les intervalles compris entre les molécules des différens corps, il faudra plus ou moins de calorique pour les dilater au même point; c'est cette différence qu'on nomme *capacité de chaleur*, et la quantité de calorique

nécessaire pour élever chaque corps à la même température, se nomme chaleur ou *calorique spécifique*. Comme les corps, en se combinant au calorique, deviennent des fluides élastiques, l'élasticité paroît être due à la répulsion des molécules du calorique, ou plutôt à une attraction plus forte entre ces dernières, qu'entre celles des corps fluides élastiques, qui sont alors repoussées par l'effet du premier.

Ces idées simples et fondées sur des expériences exactes, conduisent l'Auteur à donner, dans le second chapitre, des vues sur la formation et la constitution de l'atmosphère de la terre; elle doit être formée des substances susceptibles de se volatiliser au degré ordinaire de chaleur qui existe sur le globe, et à la pression moyenne qui soutient le mercure à 28 pouces. La terre étant supposée à la place d'une planète beaucoup plus rapprochée du soleil, comme l'est Mercure, l'eau, le mercure même entreroient en expansion, et se mêleroient à l'air jusqu'à ce que cette expansion fût limitée par la pression exercée par ces nouveaux fluides élastiques. Si le globe étoit, au contraire, transporté à une distance beaucoup plus éloignée du soleil qu'il ne l'est, l'eau seroit solide et comme une pierre dure et transparente. La solidité, la liquidité, la fluidité élastique sont donc des modifications des corps dues au calorique. Les fluides habituellement vaporeux qui forment notre atmosphère, doivent, ou se mêler lorsqu'ils ont de l'affinité, ou se séparer suivant l'ordre de leurs pesanteurs spécifiques, s'ils ne sont pas susceptibles de s'unir. M. Lavoisier pense que la couche supérieure de l'atmosphère est surmontée des gaz inflammables légers, qu'il regarde comme la matière et le foyer des météores lumineux.

Il étoit très-naturel que ces considérations générales sur l'atmosphère de la terre fussent suivies de l'analyse de l'air qui la compose; cette analyse fait le sujet du troisième chapitre, dans lequel est consignée une des plus belles découvertes du siècle et de la Chimie moderne. La combustion du mercure dans un ballon, la perte de poids d'un sixième de l'air, l'augmentation correspondante du poids du mercure, la qualité délétère des cinq sixièmes d'air restant; la séparation de l'air de la chaux de mercure fortement échauffée, la pureté de celui-ci, la recomposition de l'air semblable à celui de l'atmosphère

par l'addition de cette partie tirée du mercure à celle restée dans le ballon, la chaleur vive et la flamme brillante dégagée de l'air par le fer qu'on y brûle, suffisent à M. Lavoisier pour prouver que l'air atmosphérique est un composé de deux fluides élastiques différens, l'un respirable, l'autre non respirable; que le premier forme 0, 27; et le second 0, 73.

Dans le quatrième chapitre, ce Savant expose les noms donnés à ces deux gaz qui composent l'air atmosphérique, et les raisons qui les ont fait proposer; le premier porte, comme on sait, le nom d'*air vital* et de *gaz oxygène*, et le second celui de *gaz azote*.

La quantité des principes de l'atmosphère étant connue, la nature du gaz oxygène occupe ensuite M. Lavoisier. Le cinquième chapitre est destiné à l'examen de la décomposition du gaz oxygène ou air vital par le soufre, le phosphore, le charbon, et de la formation des acides. Cent grains de phosphore brûlé dans un ballon bien plein d'air vital, absorbent 154 grains de cet air ou de sa base, et forment 254 grains d'acide phosphorique concret. Vingt huit grains de charbon absorbent 72 grains d'air vital, et forment 100 grains d'acide carbonique. Le soufre en absorbe plus que son poids et devient acide sulfurique. La base de cet air a donc la propriété, en se combinant avec ces trois corps combustibles, de les convertir en acides; de-là le nom d'oxygéné donné à cette base de l'air vital, et celui d'oxygénation donné à l'opération par laquelle cette base se fixe.

La nomenclature des différens acides forme le sujet du sixième chapitre; le nom général d'acide désigne la combinaison avec l'oxygène; les noms particuliers appartiennent aux bases différentes unies à l'oxygène. Le soufre forme l'acide sulfurique, le phosphore l'acide phosphorique, le carbonne ou charbon pur l'acide carbonique. La terminaison variée dans ces mots exprime la proportion d'oxygène; ainsi le soufre combiné avec peu d'oxygène et dans l'état d'un acide foible, donne l'acide sulfureux, tandis qu'une plus grande proportion de ce principe acidifiant forme l'acide sulfurique. Nous n'insisterons pas d'avantage sur les principes de cette nomenclature, qui sont déjà bien connus de la Société. M. Lavoisier donne, à la fin de ce chapitre, les proportions

d'azote et d'oxygène qui constituent l'acident du nitre en différens états, comme l'a découvert M. Cavendish.

Il parle, dans le septième chapitre, de la décomposition du gaz oxygène par les métaux. On sait que ces corps combustibles absorbent la base de l'air vital plus ou moins facilement, et à des températures plus ou moins élevées ; mais comme l'affinité de ces corps pour l'oxygène est en général rarement plus forte que celle de celui-ci pour le calorique, les métaux s'y combinent plus ou moins difficilement. Les composés des métaux et d'oxygène n'étant pas des acides, on a proposé le nom d'oxides pour les désigner, au lieu de celui de chaux, qui étoit équivoque, et fondé sur une fausse analogie. M. Lavoisier donne les détails de cette nomenclature à la fin de ce chapitre.

Il traite, dans le huitième, du principe radical de l'eau, et de la décomposition de ce fluide par le charbon et le fer. L'eau que l'on fait passer à travers un tube de verre ou de porcelaine rougi au feu, se réduit seulement en vapeur, sans éprouver d'altération. En passant à travers le même tube chargé de vingt-huit grains de charbon, il y a 85 grains d'eau changée de nature, et le charbon disparoît. On obtient 100 grains ou 144 pouces d'acide carbonique, qui contiennent, outre les 28 grains de carbone, 72 grains d'oxygène, provenant nécessairement de l'eau, puisqu'aucun autre corps n'a pu le lui fournir ; ce gaz acide carbonique est mêlé de 13 grains ou 380 pouces cubes de gaz inflammable ; ces 13 grains ajoutés aux 72 grains d'oxygène enlevé par le carbone, font les 85 grains d'eau qui manquent ; et en effet, en brûlant dans un appareil fermé 85 grains d'air vital et 15 de gaz inflammable, on a 100 grains d'eau. L'eau est donc composée de ces deux principes. L'oxygène est déjà connu par les détails précédens ; la base du gaz inflammable a été nommée *hydrogène*, ou principe radical de l'eau ; M. Lavoisier en décrit les propriétés et sur-tout celles qu'il a dans l'état de gaz.

Le neuvième chapitre contient des détails absolument neufs sur la quantité de calorique qui se dégage dans la combustion de différens corps combustibles, ou, ce qui est la même chose en d'autres termes, pendant la fixation de l'air vital ou gaz oxygène. Pour bien concevoir

l'objet de cet article important, rappelons que l'air vital est, comme tous le autres fluides élastiques, une base solidifiable unie à du calorique ; que ce gaz ne peut se fixer, ou sa base devenir solide dans les combinaisons où elle entre, qu'en perdant le calorique qui la tenoit écartée et divisée en fluide élastique. Cela posé, il est clair qu'en partant d'une expérience où l'air vital paroît laisser déposer sa base la plus solide possible en perdant tout le calorique qu'il contient, on aura une mesure à peu de chose près exacte de la quantité absolue de calorique contenu dans une quantité donnée de gaz oxygène. Mais comment mesurer cette chaleur ? M. Lavoisier s'est servi, pour cela, d'un appareil ingénieux, dont la première idée est due à M. Wilcke, Physicien Anglais, mais qui a été changé et bien perfectionné par M. de la Place. Ce sont des enveloppes de tole garnies de glace, et laissant un espace vide dans lequel on fait les expériences de combustion, absolument comme dans une sphère de glace assez épaisse pour que la température extérieure n'influe en aucune manière sur sa cavité intérieure. Le calorique se sépare pendant la fixation de l'oxygène, fond une partie de cette glace, proportionnelle à la quantité qui s'en dégage. En opérant ainsi la combustion du phosphore, M. Lavoisier a vu qu'une livre de ce combustible fond 100 livres de glace, en absorbant une livre 8 onces d'air vital ; et comme l'acide phosphorique concret qui résulte de cette combustion paroît contenir l'oxygène le plus solide et le plus séparé de calorique, il en conclut que dans l'état d'air vital, une livre d'oxygène contient une quantité de calorique suffisante pour fondre 66 livres 10 onces 5 gros 24 grains de glace à zéro. En partant de cette expérience, M. Lavoisier a trouvé qu'une livre de charbon absorbant 2 livres 9 onces 1 gros 10 grains d'oxygène, et ne faisant fondre que 96 livres 8 onces de glace, tout le calorique contenu dans cette quantité d'air vital n'est pas dégagé, puisqu'il se seroit fondu 171 livres 6 onces 5 gros de glace ; la différence de cette quantité de calorique, c'est-à-dire, une quantité capable de fondre 74 livres 14 onces 5 gros de glace, est employée à tenir sous forme de gaz 3 livres 9 onces 1 gros 10 grains d'acide carbonique, produit dans cette opération. la combustion du gaz hydrogène brûlé dans l'appareil de glace, lui a présenté le résultat suivant relativement au dégagement du

calorique. Une livre de ce gaz absorbe 5 livres 10 onces 3 gros 24 grains d'air vital en brûlant ; il se dégage dans cette combustion une quantité de calorique capable de faire fondre 295 livres 9 onces trois gros et demi de glace ; or, comme cette dose d'air vital auroit donné, si on l'avoit fait servir à la combustion du phosphore, où l'oxygène paroît être le plus solide possible, une quantité de calorique suffisante pour fondre 377 livres 12 onces 3 gros de glaces, il s'ensuit que la différence de ces deux quantités de calorique, qui est exprimée par celle de 82 livres 9 onces 7 gros et demi de glace fondue, reste dans l'eau à 0 de température, et que chaque livre de ce liquide à cette température, contient dans la portion d'oxygène qui fait un de ses principes, une quantité de calorique capable de fondre 12 livres 5 onces 2 gros 48 grains de glace. M. Lavoisier a trouvé, par les mêmes expériences, la quantité de calorique contenu dans l'oxygène de l'acide nitrique, et celle qui se dégage dans la combustion de la cire et de l'huile ; et si ces recherches avoient été suivies avec un soin égal sur la quantité de calorique que chaque métal dégage de l'air vital en absorbant l'oxygène, ou en se calcinant, cette appréciation seroit, comme le dit M. Lavoisier à la fin de ce chapitre, d'une grande utilité pour l'explication de beaucoup de phénomènes chimiques.

L'Auteur décrit dans le dixième chapitre la nature générale des combinaisons des substances combustibles déjà examinées dans les chapitres précédens, les unes avec les autres. Les alliages des métaux, les dissolutions du soufre, du phosphore, du charbon dans le gaz hydrogène, l'union du carbone et de l'hydrogène qui constitue les huiles en général, sont indiqués successivement. Dans ce chapitre comme dans tous les précédens, on trouve des vues neuves sur l'union encore inconnue de plusieurs substances combustibles entr'elles.

Dans tous les chapitres précédens qui ont pour objet la décomposition de l'air vital, l'absorption de l'oxygène par les corps combustibles et les phénomènes de leur combustion et de leurs produits, il n'est question que des substances combinées, une à une avec l'oxygène. Le deuxième chapitre présente les combinaisons de ce principe acidifiant avec plusieurs bases à-la-fois, consé-

quemment des oxides et des acides à plusieurs bases, et de la composition des matières végétales et animales. On reconnoît par la lecture de ce chapitre, la clarté des principes de la Chimie moderne, et en même-tems la richesse de la nature dans la variété des composés qu'elle forme avec très-peu d'élémens. L'analyse la plus exacte prouve que l'hydrogène et le carbone privés de la plus grande quantité de leur calorique et unis ensemble dans des proportions différentes, à des quantités diverses d'oxygène, constituent les matières végétales. M. Lavoisier range ces matières parmi les oxides, lorsque la quantité d'oxygéne est trop peu abondante pour leur donner le caractère acide, ou parmi les acides lorsque ce principe y est plus abondant. Le phosphore et l'azote font quelquefois partie de ces composés, et alors ils se rapprochent des matières animales. Ainsi trois ou quatre corps simples unis en différentes proportions et dans différens états de pression ou de privation de calorique, suffisent à la Chimie moderne pour rendre raison de la diversité des matières végétales, oxides et acides; et en y ajoutant l'azote, le phosphore et le soufre, les composés plus compliqués qui en résultent, donnent une idée exacte de la nature des substances animales, oxides ou acides. M. Lavoisier fait voir qu'on pourroit, suivant les règles de sa nouvelle Nomenclature, désigner les principales espèces des matières végétales composées d'hydrogène, de carbone et d'oxygène, soit oxides, soit acides; mais la nécessité d'associer trop de mots pour désigner ces composés formeroit un langage barbare, et l'auteur préfère les noms des treize acides végétaux et des six acides animaux, adoptés dans la nouvelle Nomenclature. Il termine ce chapitre par le dénombrement de ces acides.

Ces principes aussi clairs que simples sur la composition des substances végétales et animales, conduisent M. Lavoisier à faire connoître avec une égale clarté dans le douziéme chapitre, la décomposition de ces matières par le feu. Des trois principes les plus abondans qui les constituent, l'hydrogène et l'oxygène tendent à prendre la forme de gaz par leur combinaison avec le calorique; le troisième où le carbone n'a pas la même propriété. Une chaleur au-dessus de celle où ces principes restent en équilibre, doit donc détruire cet équilibre. A une température supérieure à celle de l'eau bouillante, l'oxygène

s'unit à l'hydrogène et forme de l'eau qui se dégage ; une partie du carbone unie séparément à l'hydrogène forme de l'huile ; une autre se précipite seule. Une chaleur beaucoup plus forte, comme celle qu'on nomme chaleur rouge, sépare ces principes dans un autre ordre, décompose même l'huile formée par la première chaleur, et réduit entièrement les matières végétales à de l'acide carbonique, à de l'eau et à une partie de charbon isolée. L'azote, le phosphore et le soufre ajoutés à ces premiers principes, dans les matières animales, compliquent cet effet du feu, et donnent naissance à l'ammoniaque que ces matières fournissent dans leur distillation. Tous ces phénomènes ne tiennent qu'à des changemens de proportions dans l'union des principes et à leur diverse affinité pour le calorique.

Des changemens également simples ont lieu dans les fermentations vineuse, putride et acéteuse, dont M. Lavoisier expose avec soin les phénomènes dans les chapitres 13, 14 et 15. Ces opérations naturelles paroissoient autrefois inexplicables aux Chimistes, et il n'y a pas plus de quinze ans qu'on désespéroit encore d'en apprécier la cause. M. Lavoisier, par des procédés ingénieux, est parvenu à prouver que dans la fermentation vineuse, la matière sucrée qu'il regarde comme un oxide et qui est formée, suivant ses recherches, de 8 parties d'hydrogène, 28 de carbone, et 64 d'oxygène, sur cent parties de cette matière, est séparée en deux portions (par le changement et le partage seul de l'oxygène entre les deux bases oxidables) ; une grande partie du carbone prend plus d'oxygène en se séparant de l'hydrogène, et se convertit en gaz acide carbonique qui se dégage pendant cette fermentation, tandis que l'hydrogène, privé de l'oxygène et uni à un peu de carbone et à l'eau ajoutée, constitue l'alkool. Ainsi la nature change par cette fermentation des combinaisons ternaires en combinaisons binaires. Un effet analogue a lieu dans la putréfaction. Les cinq substances simples et combustibles qui forment les bases oxidables et acidifiables des matières animales, l'hydrogène, le carbone, l'azote, le soufre et le phosphore, et qui sont unies en différentes proportions à l'oxygène, se dégagent peu-à-peu en gaz hydrogène sulfuré, carboné, phosphoré, en gaz azote, en gaz acide carbonique, et en gaz ammoniac. La fermentation acéteuse ne consiste que dans l'absorption de l'oxy-

gène qui y porte plus de principe acidifiant. Il semble que l'acide carbonique n'ait besoin que d'hydrogène pour devenir acide acéteux, puisqu'en effet, ôtez ce dernier principe au vinaigre, il passe à l'état d'acide carbonique. Quoique cette théorie de la putréfaction et de l'acétification paroisse presque aussi simple que celle de la fermentation vineuse, M. Lavoisier convient que la Chimie n'est pas aussi avancée dans la connoissance de ces deux phénomènes, que dans celle du premier.

Dans le seizième chapitre, l'auteur considère la formation des sels neutres et les bases de ces sels. Les acides dont M. Lavoisier a exposé la nature dans les premiers chapitres, peuvent se combiner avec quatre bases terreuses, trois bases alkalines et dix-sept bases métalliques. Il expose succinctement l'origine, l'extraction et les principales propriétés de la potasse, de la soude, de l'ammoniaque, de la chaux, de la magnésie, de la baryte et de l'alumine; ces matières, si l'on en excepte l'ammoniaque, sont les moins connues de tous les corps naturels, et quoique, d'après quelques expériences, on pense qu'elles sont composées, on n'en a point encore séparé les élémens; aussi M. Lavoisier n'en parle-t-il que très-brièvement. Il termine cet exposé en annonçant qu'il est possible que les alkalis fixes se forment pendant la combustion des substances végétales à l'air. L'un de nous a déjà fait présumer dans plusieurs mémoires et dans ses leçons, que l'azote, qu'il a considéré comme principe des alkalis ou comme *alcaligène*, pourroit bien se précipiter de l'atmosphère dans les substances végétales qu'on brûle dans l'atmosphère. Alors l'air atmosphérique seroit un réservoir des principes acidifiant et alkalifiant, où la nature puiseroit sans cesse ces principes pour les fixer dans des bases, et produire les diverses matières salines, acides et alkalines. Mais cette assertion, loin d'être une vérité démontrée, ne doit être regardée que comme une hypothèse, jusqu'à ce que les expériences dont on s'occupe en ce moment dans plusieurs laboratoires, aient permis de prononcer.

Le chapitre dix-septième et dernier de cette première partie de l'ouvrage de M. Lavoisier, contient une suite de réflexions sur la formation des sels neutres, et sur leurs bases qu'il nomme salifiables. Il y fait voir que les terres et les alkalis s'unissent aux acides sans éprouver d'alté-

ration, et qu'il n'en est pas de même des métaux. Aucun de ces corps ne peut se combiner avec les acides sans s'oxygéner; ils enlèvent l'oxygène soit à l'eau dont ils séparent l'hydrogène en gaz, soit aux acides eux-mêmes dont ils volatilisent une portion de la base unie à une portion d'oxygène. De ce dégagement naît l'effervescence qui accompagne la dissolution des métaux dans les acides. On pourroit peut-être desirer dans ce chapitre des détails plus étendus sur les dissolutions métalliques; mais M. Lavoisier vouloit mettre une grande précision dans cette partie de son Ouvrage, et celle qu'il y a mise en effet, en rend la marche plus rapide sans nuire à la clarté des principes qui y sont exposés. Ce chapitre est terminé par un dénombrement des quarante-huit substances simples qui peuvent être oxidées et acidifiées dans différens états, en y comprenant les dix-sept substances métalliques, qu'il croit devoir aussi considérer comme des acides, lorsqu'elles sont portées à un grand degré d'oxygénation. Il résulte de ce dénombrement que quarante-huit acides qui peuvent être unis à vingt-quatre bases terreuses, alkalines et métalliques, donnent 1152 sels neutres, dont la nature et les propriétés n'auroient jamais été connues avec précision, si, comme l'observe M. Lavoisier, on avoit continué à leur donner des noms, ou impropres, ou insignifians, comme on l'avoit fait à l'époque des premières découvertes de Chimie, et qui cependant peuvent être placés avec ordre dans la mémoire, à l'aide de la nouvelle nomenclature.

Tels sont les faits, tel est l'ordre qui les lie, telles sont les conséquences qui en découlent naturellement, consignés dans la première partie de ce traité élémentaire. Nous les avons fait connoître assez en détail, pour que la Société pût apprécier l'ensemble du travail de M. Lavoisier, et le comparer à ce qu'étoit encore la science chimique il y a vingt ans. On a pu y voir qu'à l'aide des expériences modernes, les élémens de cette science sont aujourd'hui beaucoup plus faciles à saisir qu'ils n'étoient autrefois, parce que tout se réduit à concevoir les effets généraux du calorique, à distinguer les matières simples, bases de toutes les combinaisons possibles; à considérer leur union avec l'oxygène; c'est presque sur ces trois faits généraux que sont fondés les détails

contenus dans la première partie. En y ajoutant les attractions de l'oxygène pour les différens corps, les décompositions qui résultent des effets de ces attractions, on auroit l'ensemble complet de ces élemens. Mais M. Lavoisier a omis cet objet à dessein, et nous avons exposé ailleurs les raisons qui l'ont déterminé a prendre ce parti.

Seconde Partie.

Après avoir rendu un compte exact de la marche nouvelle que M. Lavoisier a suivie dans la première partie, qui constitue seule les élémens de la science, il ne sera pas nécessaire d'entrer dans des détails aussi étendus pour faire connoître les deux autres parties.

La seconde est entièrement destinée à présenter dans des tableaux les combinaisons salines neutres, ou les composés de deux mixtes, car on se rappellera facilement que les acides sont des mixtes formés de bases unies à l'oxygène; les oxides métalliques également formés de l'oxygène uni aux métaux, et enfin les terres et les alkalis vraisemblablement des composés. Mais pour rendre cette seconde partie plus complette, M. Lavoisier a mis avant les tableaux des sels neutres, dix tableaux qui offrent les combinaisons simples dont il a été parlé dans la première partie, et qui sont destinés à servir de résumé à cette première partie. On trouve dans ces dix tableaux, 1°. les substances simples, ou au moins celles que les Chimistes ne sont pas parvenus à décomposer, au nombre de 33 : savoir, la lumière, le calorique, l'oxygène, l'azote, l'hydrogène, le soufre, le phosphore, le carbone, le radical muriatique, le radical fluorique, le radical boracique, les dix-sept substances métalliques, la chaux, la magnésie, la baryte, l'alumine et la silice; 2°. les bases oxidable et acidifiable, composées au nombre de 20, qui comprennent le radical nitro-muriatique, les radicaux des douze acides végétaux, et ceux des sept acides animaux; 3°. les combinaisons de l'oxygène avec les substances simples; 4°. les combinaisons des vingt radicaux composes, avec l'oxygène; ou les acides nitro-muriatiques, les douze acides végétaux, et les sept acides animaux; 5°. les combinaisons binaires de l'azote avec les substances simples : M. Lavoisier nomme celles de

ces

tes combinaisons qui ne sont pas connues, des *azolures*; 6°. les combinaisons binaires de l'hydrogène avec les mêmes substances simples : M. Lavoisier désigne par le nom d'*hydrures* celles de ces combinaisons qui n'ont point été examinées; 7°. les combinaisons binaires du soufre avec les corps simples, exceptés les acides sulfurique et sulfureux, toutes ces combinaisons sont des sulfures; 8°. celles du phosphore avec les mêmes corps; tels sont l'oxide de phosphore, les acides phosphoreux et phosphorique, et les phosphures; 9°. celles du carbone avec les substances simples, savoir l'oxide de carbone, l'acide carbonique et les carbures; 10°. enfin celles de quelques autres radicaux avec les substances simples. A ces tableaux sont jointes des observations dans lesquelles M. Lavoisier donne l'explication, et retrace sous de nouveaux points de vue, une partie des faits consignés dans la première partie.

Les tableaux des sels neutres sont au nombre de trente-quatre; on y trouve successivement les nitrites, les nitrates, les sulfates, les sulfites, les phosphites, les phosphates, les carbonates, les muriates, les muriates oxygénés, los nitro-muriates, les fluates, les borates, les arséniates, les molybdates, les tungstates, les tartrites, les malates, les citrates, les pyro-lignites, les pyro-tartrites, les pyro-mucites, les oxalates, les acétites, les acétates, les succinates, les benzoates, les camphorates, les gallates, les lactates, les saccholates, les formiates, les bombiates, les sébates, les lithiates et les prussiates. Le nombre de chaque classe de ces sels neutres contenus dans ces tableaux, est presque dans tout de vingt-quatre. M. Lavoisier a eu soin de disposer ces sels suivant l'ordre connu des affinités de leurs bases pour les acides. Comme la plupart de ces acides sont nouvellement découverts, l'Auteur a joint à chaque tableau des observations sur la manière de préparer ces sels, sur l'époque de leurs découvertes, sur les chimistes à qui elles sont dues, et souvent même sur la comparaison de leur nature et de leurs propriétés. M. Lavoisier n'a point eu l'intention d'offrir, dans cette seconde partie, une histoire des sels neutres; il n'a rien dit de la forme, de la faveur, de la dissolubilité, de la décomposition des sels neutres, ni de la proportion et de l'adhérence de leurs principes. Ces détails, que l'on trouve dans les Elémens de Chimie, de l'un de nous,

n'entroient point dans le plan de M. Lavoisier; son but étoit de présenter une esquisse rapide de ces combinaisons, et il est très-bien rempli par les tableaux et par les courtes notices qui les accompagnent.

Troisième Partie.

La troisième partie, qui a pour titre : *Description des appareils et des operations manuelles de la Chimie*, montre aussi bien que les deux premières, combien la science a acquis de moyens, et la différence qui existe entre les expériences que l'on fait aujourd'hui et celles que l'on faisoit autrefois. M. Lavoisier a rejetté cette description à la fin, parce que les détails qu'elle exige, auroient détourné l'attention et trop occupé l'esprit des Lecteurs, si elle avoit été placée avec la théorie, et parce que d'ailleurs elle suppose des connoissances qu'on n'a pu acquérir qu'en lisant les deux premières parties. Quoique M. Lavoisier l'ait présentée comme une explication des planches qu'on place ordinairement à la fin d'un ouvrage, nous y avons trouvé une méthode descriptive très-claire, et des observations intéressantes sur l'usage des instrumens et sur les phénomènes que présentent les corps qu'on soumet à leur action. Sans prétendre donner ici un extrait de cette troisième partie, qui n'en est pas susceptible, nous nous bornerons à offrir un léger apperçu des principaux objets contenus dans les huit chapitres qui la composent.

Le premier traite des instrumens nécessaires pour déterminer le poids absolu et la pesanteur spécifique des corps solides et fluides; telles sont les balances exactes de différentes sensibilités, depuis celles où l'on pèse 50 à 60 livres, jusqu'à celles qui trébuchent à des 512e de grain (M. Lavoisier y propose des poids en fractions décimales de la livre, au lieu des divisions de la livre en onces, gros et grains); tels sont encore la balence hydrostatique, les aéromètres, sur-tout celui dont se sert M. Lavoisier, et qui lui est particulier.

Dans le chapitre second, sont décrits les instrumens propres à mesurer les gaz, les cuves pneumato-chimiques à l'eau et au mercure, les différens récipiens, le ballon à poser les gaz, la machine construite par les soins de

M. Lavoisier, pour mesurer le volume et connoître la quantité des gaz suivant la pression et la température qu'ils éprouvent. M. Lavoisier nomme cette ingénieuse machine *gazomètre*.

Le chapitre III est destiné à la description d'un instrument imaginé par M. de la Place, pour déterminer la chaleur spécifique des corps et la quantité de calorique qui se dégage dans les combustions, dans la respiration des animaux et dans toutes les opérations de la Chimie. Cette utile machine, dont nous avons déjà indiqué les avantages dans la première partie, est nommée *calorimètre* par M. Lavoisier.

On trouve exposés, dans le quatrième chapitre, les instrumens dont on se sert dans les simples opérations mécaniques de la Chimie, telles que la trituration, la porphyrisation, le tamisage, le lavage, la filtration et la décantation.

Le cinquième chapitre contient la description des moyens et des instrumens qu'on emploie pour opérer l'écartement ou le rapprochement des molécules des corps; tels sont les vases destinés à la solution des sels, à la lixiviation, à l'évaporation, à la cristallisation, et à la distillation simple, ou évaporation en vaisseaux clos.

M. Lavoisier décrit, dans le sixième chapitre, les instrumens qui servent aux distillations composées et pneumato-chimiques, et sur-tout les appareils de Woulfe, variés de beaucoup de manières, ceux qu'on emploie dans les dissolutions métalliques; ceux qu'il a imaginés pour recueillir les produits des fermentations vineuse et putride, pour la décomposition de l'eau. Il y joint une histoire des différens luts et de leurs diverses utilités.

Les détails contenus dans le septième chapitre, font connoître les appareils dont ce physicien s'est servi avec succès pour connoître avec exactitude les phénomènes qui ont lieu dans la combustion du phosphore, du charbon, des huiles, de l'alkool, de l'éther, du gaz hydrogène, et conséquemment dans la recomposition de l'eau; ainsi que dans l'oxidation des métaux.

Enfin le huitième et dernier chapitre de l'Ouvrage traite des instrumens et des procédés propres à exposer les corps à de hautes températures; il y est question de la fusion, des creusets, des fourneaux, de la théorie, de leur construction, du moyen d'augmenter considérablement

l'action du feu, en substituant à l'air atmosphérique l'air vital ou gaz oxygéne.

Quand ces détails ne seroient que des descriptions simples des machines auxquelles la Chimie doit toutes ses nouvelles connoissances, ils y n'en seroient pas moins utiles, et on n'en auroit pas moins d'obligation à M. Lavoisier, pour avoir publié des procédés et des appareils trop peu connus, même d'une partie de ceux qui professent aujourd'hui la Chimie, comme l'a dit l'Auteur. Mais ce n'est point seulement une description sèche et aride que présente cette troisième partie; on y décrit l'usage des diverses machines; on y fait connoître la manière de s'en servir, et les phénomènes qu'elles offrent à l'observateur; souvent même des points particuliers de la théorie générale exposée dans tout l'ouvrage, portent un jour éclatant sur le résultat des opérations auxquelles servent ces instrumens. On peut considérer cette troisième partie comme une histoire des principaux appareils nécessaires aux opérations de la Chimie moderne, et sans lesquels on ne pourroit plus espérer de faire faire des progrès à cette science.

Les planches placées à la fin de l'ouvrage, ont été gravées avec soin par la personne qui nous a déjà donné la traduction de Kirwan, et qui fait allier la culture des Lettres et celle des Arts et des Sciences.

L'ouvrage est terminé par des tables où sont exposées la pesanteur du pied cube des différens gaz, la pesanteur spécifique d'un grand nombre de corps naturels, les méthodes pour convertir les fractions vulgaires en fractions décimales et réciproquement, des moyens de correction pour la pesanteur des gaz relativement à la hauteur du mercure dans le baromètre et dans le thermomètre. Ces tables deviennent aujourd'hui aussi nécessaires aux Chimistes pour obtenir des résultats exacts dans leurs expériences, que le sont les tables de logarithmes aux Géomètres et aux Astronomes, pour l'exactitude et la rapidité de leurs calculs.

Nous pensons que l'Ouvrage de M. Lavoisier mérite l'approbation de la Société, et d'être imprimé sous son privilège.

Au Louvre, le 6 Février 1789.

Signé, DE HORNE et DE FOURCROY.

La société de médecine ayant entendu, dans la séance tenue au Louvre, le 6 du présent mois, la lecture du Rapport ci-dessus, en a entièrement adopté le contenu.

Ce que je certifie véritable. Ce 7 Février 1789.

Signé, VICQ D'AZIR, Secrétaire perpétuel.

EXTRAIT des Registres de la Société d'Agriculture.

Du 5 Février 1789.

NOUS avons été chargés par la Société d'Agriculture, M. de Fourcroy et moi, de lui rendre compte d'un Traité élémentaire de Chimie, par M. Lavoisier.

Des Savans de l'Europe, l'un de ceux qui a le plus contribué à l'heureuse révolution que la Chimie pneumatique a éprouvée de nos jours, c'est, sans contredit, M. Lavoisier. Les Mémoires importans qu'il a publiés depuis quinze ans, les faits brillans dont on lui est spécialement redevable, toutes les expériences connues qu'il a vérifiées avec un zèle infatigable, l'élégance et la précision des appareils qu'il a imaginés, la théorie nouvelle enfin sur laquelle il a singulièrement influé, et qu'on peut vraiment regarder comme lui étant propre, faisoient desirer que M. Lavoisier réduisît ces nombreux matériaux en un corps d'Ouvrage, et sur-tout qu'il en fît un ouvrage élémentaire : il étoit difficile de mieux remplir ce vœu.

Ce traité peut servir à l'étude de la Chimie par la méthode et l'ordre qui y règnent; quant au Chimiste déjà familiarisé avec la science, il y trouvera les faits réunis et classés, ainsi que de grandes vues sur le système de notre atmosphère, de la végétation, de l'animalisation, etc., ce qui offre une vaste carrière à ses recherches.

La Chimie recule de jour en jour ses bornes; elle embrasse maintenant toutes les sciences physiques, et l'Agriculture est peut-être une de celles qui aura le plus à s'applaudir des succès de la Chimie; l'analyse étant le seul moyen de conduire sûrement à la connoissance des terres, des amendemens et des engrais : enfin la Chimie pneuma-

tique peut seule expliquer les grands phénomènes de la végétation, la formation des différens principes des végétaux, l'étiolement des plantes, etc.; c'est elle qui nous a fait connoître cette double émission d'un gaz homicide et d'un gaz vital.

Dans le petit nombre d'ouvrages qui ont été récemment publiés sur la Chimie, tout étant neuf, la nomenclature, les faits, l'application de la méthode des Géomètres à ces mêmes faits, et la théorie entière, l'analyse d'un pareil Traité seroit une tâche longue et difficile à remplir; nous nous bornerons donc à des reflexions sur ce nouvel ordre de choses, qui, au milieu de beaucoup de prosélites, a encore quelques détracteurs.

On peut établir comme vérité qu'il n'y a pas d'art mécanique, le dernier de tous, dont la nomenclature ne soit moins vicieuse, moins *insignifiante*, que ne l'étoit celle de l'ancienne Chimie. Pas un mot dans l'ancienne langue chimique, qui n'ait été enfanté par l'amour du mystère, et quelquefois même par le charlatanisme. Glauber, Stahl, emportés par le torrent et l'espèce de mode régnante alors, introduisent, l'un *son sel admirable*, l'autre, *son double arcane*. Un mot neuf, mot qui n'a aucune acception, peut en recevoir une; il n'en est pas de même d'un mot déjà usité.

Il falloit donc une langue nouvelle pour une nouvelle science, des mots nouveaux pour de nouveaux produits; enfin, il falloit créer des expressions pour les phénomènes que créoit journellement la Chimie. Il importoit sur-tout que cette nomenclature fût raisonnée, que le mot fixât l'idée, et que, semblable à la langue des Grecs et des Latins, les augmentatifs, les privatifs et le changement de terminaison devinssent autant de moyens de faire naître des idées accessoires et précises, et c'est l'objet que remplissent, par exemple, les mots *soufre*, *sulfate*, *sulfite*, *sulfure*. Tel est le but qu'ont rempli les Savans qui se sont réunis pour former cette nouvelle nomenclature, et le traité de M. Lavoisier la rend très-intelligible.

Rien de plus imposant dans l'ouvrage de M. Lavoisier que ce nombre d'expériences ingénieuses, dont beaucoup lui appartiennent, toutes présentées avec cette précision mathématique, inconnue avant cette époque, que Rouelle avoit devinée, et qui, soumettant l'analyse à la rigueur du calcul, fait le complément de la science, en rendant

la récomposition des corps aussi facile que leur décomposition.

L'ancienne Chimie parvenoit bien quelquefois à la synthèse ; elle décomposoit et recomposoit l'alun, les vitriols, les sels neutres en général, elle minéralisoit et révivifioit les métaux ; mais l'eau, mais l'air échappoient à son analyse. Elle les regardoit comme des corps simples et élémentaires, il étoit réservé à la Chimie pneumatique de leur faire subir la double loi de la décomposition et de la recomposition.

Il nous reste à parler de la théorie, puisque nous sommes restreints à des généralités. Cette théorie pose sur une grande masse de faits, qui lui forment un rempart solide où elle paroît inattaquable : elle ne le seroit pas, sans doute, si elle prétendoit tout expliquer, mais elle sait s'arrêter quand les faits lui manquent, ou qu'ils sont en trop petit nombre pour consolider de nouveaux points de doctrine. Tel est le caractère de sagesse qui la distingue de l'ancienne théorie, qui expliquoit tout de dix manières différentes, parce qu'au défaut de routes, il faut se pratiquer des sentiers. Dans la théorie actuelle, les faits s'enchaînent ; chaque proposition est étayée d'expériences qui se pressent, et on paroît réduit à ne pouvoir pas en tirer d'autres conséquences que celle que présente cette même théorie.

Nous pensons donc que cet Ouvrage, dont plusieurs chapitres sont immédiatement applicables à la Physique végétale, mérite l'approbation de la Société d'Agriculture.

Signé, DE FOURCROY et CADET DE VAUX.

Je certifie cet extrait conforme à l'original et au jugement de la Société.

A Paris, ce 6 Février 1789.

Signé, BROUSSONET, Secrétairr perpétuel.

De l'Imprimerie de BOISTE, rue Haute-Feuille, N°. 21.